

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE FARMACIA**

Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica



**ESTUDIO DE LA COLECCIÓN HISTÓRICA DE  
INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS DEL MUSEO DE LA  
FARMACIA HISPANA DE LA FACULTAD DE  
FARMACIA DE MADRID (UNIVERSIDAD  
COMPLUTENSE DE MADRID)**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR**

Adrián García de Marina Bayo

Bajo la dirección de los Doctores:

Francisco Javier Puerto Sarmiento  
Benito del Castillo García

**Madrid, 2003**

**ISBN: 84-669-2049-8**

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE FARMACIA**  
**DEPARTAMENTO DE FARMACIA Y TECNOLOGÍA FARMACEUTICA**

**ESTUDIO DE LA COLECCIÓN HISTORICA DE  
INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS DEL MUSEO DE LA  
FARMACIA HISPANA DE LA FACULTAD DE  
FARMACIA DE MADRID (UNIVERSIDAD  
COMPLUTENSE DE MADRID)**

**Memoria que presenta para aspirar al grado de doctor**

**D. Adrián García De Marina Bayo**

**Licenciado en Farmacia**

**Dirigida por los Doctores**

**Javier Puerto Sarmiento y Benito Del Castillo García**

**Madrid, 2003**



*Ante todo, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a los directores del trabajo, impulsores de la idea y vehementes e incansables animadores de su desarrollo; a las Doctoras Isabel Caire, Sofía Ródenas y M<sup>a</sup> Carmen Martín; a D<sup>a</sup> Almudena Sastre, D<sup>a</sup> Eugenia Mazuecos, D<sup>a</sup> Begoña Martínez y D<sup>a</sup> Josefa Prados, así como a todos aquellos que me han ayudado de una u otra forma, ayuda sin lo cual hubiese resultado imposible la realización de esta memoria.*





*A mis padres, Rita, Rodrigo y Alejandro.*



**ESTUDIO DE LA COLECCIÓN HISTORICA DE  
INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS DEL MUSEO  
DE LA FARMACIA HISPANA DE LA FACUL-  
TAD DE FARMACIA DE MADRID (UNIVERSI-  
DAD COMPLUTENSE DE MADRID)**



## INTRODUCCIÓN

La colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de Madrid (Universidad Complutense de Madrid) consta de 504 ejemplares, agrupados en 429 conjuntos instrumentales o instrumentos y 75 accesorios o partes de los mismos<sup>1</sup>. La ordenación en éstos 34 capítulos se ha realizado, en primer lugar, conforme a los dos textos de d. Ramón Portillo<sup>2,3</sup>, quien fue catedrático de Técnica Física y Físico-Química de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Con ellos hemos podido clasificar los aparatos y accesorios que responden netamente a fines analíticos, lo que se podría llamar “Técnicas Instrumentales”; sin embargo, en la colección existen numerosos instrumentos de índole más galénica que física, clasificados conforme a los libros clásicos de Dorronsoro y Celayeta<sup>4</sup> y de Fors y Cornet<sup>5</sup>. De esta forma se ha vertebrado una estructura suficientemente consistente que necesitaba, por seguridad, ser confirmada, verificación realizada con otra obra paradigmática, el enquiridión de Fausto Garagarza<sup>6</sup>, así como ser complementada en algunos aspectos, para lo cual se contó con la inestimable ayuda de textos complementarios antiguos, cuales son los de Henri Buignet<sup>7</sup> y de Ignacio González Martí<sup>8</sup>, y modernos, entre los cuales cabe destacar los conocidos libros de texto de Instrumentación Analítica de Douglas A. Skoog<sup>9</sup> y el del Profesor Benito del

---

<sup>1</sup> MICHELI, GIANNI: *Le origini di concetto di machina*. Firenze: Leo S. Olschki, 1995.

<sup>2</sup> PORTILLO, RAMÓN: *Introducción a los Métodos Instrumentales Químico-analíticos*. Alcalá de Henares: Imprenta T.P.A. (Talleres Penitenciarios de Alcalá de Henares), 1963.

<sup>3</sup> PORTILLO, RAMÓN: *Operaciones y Técnicas Físicas de Laboratorio*. Alcalá de Henares: Imprenta T.P.A. (Talleres Penitenciarios de Alcalá de Henares), 1957.

<sup>4</sup> DORRONSORO Y CELAYETA, B.: *Estudio de los Instrumentos y Aparatos de Física de Aplicación en la Farmacia*. Madrid: Librería de Hernando y Cía. , 1896.

<sup>5</sup> FORS Y CORNET, R.: *Tratado de Farmacia Operatoria*. Barcelona: Imprenta de la Renaixensa, 1876.

<sup>6</sup> GARAGARZA, FAUSTO: *Programa de la asignatura de Instrumentos y Aparatos de Física, de Aplicación a la Farmacia*. Madrid: Librería de la Viuda de Hernando y Cía, 1892.

<sup>7</sup> BUIGNET, HENRI: *Manipulations de Physique. Cours de travaux pratiques*. París: Librairie J. B. Baillière et Fils, 1877.

<sup>8</sup> GONZALEZ MARTI, IGNACIO: *Tratado de Física General, 2ª ed.* Madrid: Imprenta de Prudencio Pérez de Velasco, 1912.

<sup>9</sup> SKOOG, DOUGLAS A., WEST, DONALD M., HOLLER, F. JAMES: *Fundamentals of Analytical Chemistry 7th. ed.* Fort Worth: Saunders College Publishing, 1996.

Castillo<sup>10</sup>, así como su discurso de ingreso en la Real Academia de Farmacia<sup>11</sup>. También a la hora de realizar la confirmación positiva de los instrumentos hemos recurrido, como no podía ser de otra manera, a la voluminosa publicación sobre el Museo de la Farmacia Hispana<sup>12</sup> y a otra obra, guía básica para nosotros, en tanto que persigue el mismo fin, con los instrumentos existentes en el Gabinete de Física de la Universidad italiana de Urbino<sup>13</sup>. Por último, han sido de extraordinaria utilidad los catálogos Leybold de 1899<sup>14</sup> y Lautenschläger de 1907<sup>15</sup>. Con todo ello, en los 38 capítulos clasificatorios compendiamos dichos 514 instrumentos y accesorios de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de Madrid de la Universidad Complutense de Madrid<sup>16, 17</sup> de la siguiente forma (tablas 1 y 2, figuras 1 y 2):

## I. INSTRUMENTOS FÍSICOS Y FÍSICOQUÍMICOS

Capítulo 1. Fuentes de energía eléctrica (8 instrumentos y 0 partes o componentes): 1 máquina de Wimshurst [MFH sn], 1 máquina magnetoeléctrica de Clarke, 1 recipiente para estudios de electrostática [MFH 1089], 1 transformador eléctrico [MFH 3920], 1 ele-

---

<sup>10</sup> VALLS, J. O., DEL CASTILLO, B.: *Técnicas Instrumentales en Farmacia y Ciencias de la Salud*. Barcelona: Ed. Piros, 1985.

<sup>11</sup> DEL CASTILLO, B.: *El largo camino de los métodos luminiscentes*, discurso de ingreso en la Real Academia de Farmacia, el 9 de mayo de 1996. Madrid: Imprenta Closas Orcoyen, 1996.

<sup>12</sup> CONSEJO SOCIAL DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID: *El Museo de la Farmacia Hispana*. Madrid: Gráfica Internacional, 1993.

<sup>13</sup> VETRANO, FLAVIO: *Il Gabinetto di Fisica dell'Università di Urbino: la sua Storia, il suo Museo*. Roma: Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, 1996.

<sup>14</sup> LEYBOLD'S NACHFOLGER: *Einrichtungen und Apparate für den Physikalischen Unterricht*, 5ª ed. Cöln: Ph. Gehly, 1899.

<sup>15</sup> LAUTENSCHLÄGER, F. M.: *Fabrik Wissenschaftlicher Apparate, Katalog núm. 100*. Berlin: Königlicher Hoflieferant, 1907.

<sup>16</sup> Para obtener más información clasificada, recurrir a los índices; este compendio trata solamente de que el lector evalúe la magnitud cualitativa y cuantitativa de los instrumentos de la colección.

<sup>17</sup> Según el diccionario de la Real Academia Española, un “aparato” es un “conjunto de piezas construido para funcionar unitariamente con finalidad práctica determinada”, mientras que un “instrumento” es un “conjunto de diversas piezas combinadas adecuadamente para que sirva con determinado objeto en el ejercicio de las artes y oficios” y un “equipo” es una “colección de utensilios, instrumentos y aparatos especiales para un fin determinado, como un equipo quirúrgico, de salvamento”. Un “accesorio” es algo “secundario, no principal, un utensilio auxiliar para un determinado trabajo o para el funcionamiento de una máquina”.

vador - reductor [MFH 3921], 2 electroscopios (1 de alto voltaje de Elster y Geitel [MFH 4154] y 1 fontantoscopio [MFH 4110])

Capítulo 2. Instrumentos de medida eléctrica y disposiciones accesorias (21 instrumentos y 0 partes o componentes): 4 amperímetros o aparatos de Ampère ([MFH 4212], [MFH sn], [MFH sn] y 1 mavómetro [MFH sn]), 4 carretes de Ruhmkorff ([MFH sn], [MFH sn], [MFH sn], [MFH sn]), 3 galvanómetros ([MFH sn], [MFH sn] y 1 galvanómetro de Kelvin [MFH sn]), 1 imán [MFH 1021], 8 resistencias (2 de cursor ([MFH 3927] y [MFH 4145]), 1 para shunt [MFH sn], 4 cajas de resistencias de bornes [MFH sn], [MFH sn], [MFH sn] y [MFH sn] y 1 reóstato [MFH sn]) y 1 voltímetro electrónico [MFH sn].

Capítulo 3. Circuitos e instrumentos electrónicos (1 instrumento y 0 partes o componentes): 1 oscilógrafo [MFH sn].

Capítulo 4. Potenciales electródicos, técnicas potenciométricas y de medida de pH (20 instrumentos y 2 partes o componentes): 1 tubo de descarga [MFH sn], 11 pilas (1 pila seca [MFH 1046], 1 de Latimer Clark [MFH sn], 4 de dicromato potásico [MFH 980], [MFH 1023], [MFH 2619] y [MFH 3063], 1 con electrodos de grafito [MFH sn], 1 elemento de Grenet [MFH 1003] y 3 pilas Daniell [MFH 4160], [MFH sn] y [MFH sn]), 1 electrodo de calomelanos [MFH sn] y 2 juegos de piezas de vidrio de electrodos [MFH sn] y [MFH sn], 3 potenciómetros ([MFH sn], [MFH sn] y [MFH sn]), 2 pHmetros ([MFH 3184] y [MFH sn]) y 2 ionómetros ([MFH sn] y [MFH sn]).

Capítulo 5. Métodos eléctricos: polarografía y técnicas afines (2 instrumentos y 0 partes o componentes): 1 polarógrafo [MFH sn] (con dos galvanómetros [MFH sn] y [MFH sn]) y 1 metrónomo para contar gotas del electrodo de un polarógrafo [MFH sn].

Capítulo 6. Métodos conductimétricos, electrogravimétricos y culombimétricos (4 instrumentos y 1 accesorio): 1 electrodo de conductimetría [MFH sn], 1 caja de electrolisis



para docencia [MFH sn], 2 baños para galvanoplastia ([MFH sn] y [MFH 1025]) y 1 sistema de electrolisis con electrodo de calomelanos [MFH sn].

Capítulo 7. Técnicas electroforéticas y de separación (5 instrumentos y 0 partes o componentes): 1 controlador para colector de fracciones [MFH 4143], 1 juego de dos extensores de placas de cromatografía en capa delgada [MFH sn], 1 fuente de potencia para electroforesis [MFH 4155], 1 equipo de electroforesis [MFH sn] y 1 densitómetro para tiras de electroforesis en papel [MFH sn].

Capítulo 8. Fuentes y detectores de energía radiante (11 instrumentos y 0 partes o componentes): 1 lámpara de arco voltaico de Krizík [MFH sn], 3 lámparas de sodio para polarímetro ([MFH 2991], [MFH 3567] y [MFH sn]), 1 fuente de radiación [MFH 4144], 1 lámpara ultravioleta de mercurio de Hanau [MFH 3109], 1 lámpara de cátodo hueco para absorción atómica [MFH sn], 2 fuentes de chispa ([MFH sn] y [MFH sn]), 1 conjunto de tubos para descarga de gases enrarecidos [MFH sn] y 1 fotomultiplicador [MFH sn] .

Capítulo 9. Óptica geométrica y microscopía óptica (23 instrumentos y 17 partes o componentes): 1 espejo ustorio [MFH sn], 1 binocular con brazo o estereoscopio Wheatstone [MFH 3814], 2 proyectores de cuerpos opacos o estereoscopio Wheatstone ([MFH 4094] y [MFH 3809]), 1 pletina de microscopio con diafragma (lente y soporte) [MFH 3807] y [MFH 3810], 1 sistema de proyección para linterna de proyección [MFH 4138], 1 diafragma de cortinilla [MFH sn] y 5 lentes o conjunto de lentes (1 de un fotómetro de Si-bermann [MFH sn], 1 soporte de lente [MFH sn], 1 juego de lentes de retardo [MFH sn], 1 lente [MFH sn] , 1 generador de interferencias ópticas [MFH sn]), 1 micromanipulador con pie articulado y porta lupa [MFH 3562], 1 caja de micrómetro [MFH sn], 12 microscopios (1 compuesto [MFH 893], 1 tipo Cuff [MFH 1041], 1 compuesto Adams [MFH 1042], 1 tipo Cuff binocular [MFH 1043], 1 inclinado de Nachet [MFH 1048], 1 compuesto Culpeper [MFH 1251], 1 de campo de Cuff [MFH 1320], 1 simple Gould [MFH 1355], 2 compuesto monocular ([MFH 3529] y [MFH sn]), 1 simple para disección [MFH 4176] y 1 monocular [MFH sn]), 5 piezas de microscopios [MFH 1335], 1 objetivo de proyección [MFH 3796],

1 fuente de un ultramicroscopio cardiode [MFH 3815], 1 tubo de microscopio óptico simple monocular [MFH sn], 1 micrómetro con cabás [MFH 3786], 2 microtomos (1 de congelación [MFH 2998] y otro sencillo [MFH 4146]), 1 objetivo de proyección de 400 mm [MFH 2999], 1 catetómetro o microteodolito [MFH sn], 1 goniómetro [MFH 2990] y 1 goniómetro de contacto [MFH sn].

Capítulo 10. Métodos refractométricos (8 instrumentos y 3 partes o componentes): 6 refractómetros (1 de Abbe [MFH sn], 1 universal de M. R. Féry [MFH 2987], 1 de Duboscq y Pellin [MFH 4092], 3 refractómetros de inmersión ([MFH 4689], [MFH sn] y [MFH sn]), 1 juego de patrones de refractometría [MFH sn], 2 baños para refractómetros de inmersión ([MFH 3947] y [MFH sn]) y 2 conjuntos de prismas para refractometría para estudiar acromatismo ([MFH 1216] y [MFH sn]).

Capítulo 11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos (9 instrumentos y 9 partes o componentes): 1 conjunto analizador - polarizador [MFH 3813], 7 polarímetros (1 tipo Biot [MFH 3519], 3 tipo Lippich ([MFH 3565], [MFH 4091] y [MFH sn]), 2 tipo Laurent ([MFH 3566] y [MFH sn]) y otros 3 polarímetros ([MFH 4162], 1 vertical [MFH sn] y otro de penumbra [MFH sn]), 9 tubos de polarimetría [MFH sn] y 1 pinzas de turmalina [MFH 5940].

Capítulo 12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión (33 instrumentos y 10 partes o componentes): 1 fotocolorímetro Pulfrich [MFH 3943], 1 comparador [MFH 2771], 7 colorímetros (1 [MFH 3564], [MFH 2775], 1 para determinar glucemia [MFH sn], 1 xantoproteinómetro [MFH sn], 1 hemómetro [MFH sn] y 1 universal [MFH sn]), 3 espectrómetros ([MFH sn], 1 de Mascart [MFH sn] y 1 fotoeléctrico [MFH sn]), 1 conjunto de cuatro tubos de soluciones para colorimetría [MFH sn], 1 fotómetro de Sibermann [MFH sn], 1 espectrómetro sencillo [MFH sn], 4 espectroscopios de Bunsen y Kirchhoff (MFH 2993), [MFH 2994], [MFH sn] y [MFH sn]), 2 gradillas con tubos Nessler [MFH 7562] y [MFH 7563], 6 colorímetros de Duboscq ([MFH 2980], [MFH 3111], [MFH 4071], [MFH 7564], [MFH 7565] y [MFH 7566]), 5 fotocolorímetros ([MFH 3418], 1 fo-

toeléctrico [MFH 4070], 2 de tipo Mernick ([MFH sn] y [MFH sn]) y 1 fotolorímetro médico [MFH sn], 1 monocromador [MFH sn], 6 conjuntos de cubetas absorción (conjunto de cuatro cubetas [MFH sn], conjunto de tres cubetas [MFH sn], conjunto de dos cubetas de absorción [MFH sn] y 3 conjuntos de cubetas de espectrofotómetro [MFH sn], [MFH sn] y [MFH sn]), 1 banco óptico para docencia [MFH sn], 1 soporte de cubetas [MFH 3816] y 2 fotómetros de llama ([MFH sn] y 1 de Lange [MFH sn]).

Capítulo 13. Técnicas de rayos X (8 instrumentos y 0 partes o componentes): 7 tubos de rayos X (1 de rayos catódicos o radiómetro eléctrico [MFH 4330], 2 tipo Coolidge [MFH sn] y [MFH sn], 2 normales [MFH sn] y [MFH sn], 1 tubo de Crookes [MFH sn] y 1 tubo de rayos X modificado por Thompson [MFH sn]) y 1 aparato portátil de rayos X [MFH sn].

Capítulo 14. Métodos radiométricos y fenómenos nucleares (2 instrumentos y 0 partes o componentes): 1 contador de radiactividad [MFH 2774] y 1 medidor radiométrico [MFH sn].

Capítulo 15. Instrumentos de calentamiento y de termostatación; determinación de magnitudes térmicas (29 instrumentos y 0 partes o componentes): 29 mecheros de Bunsen (conjunto de 2 mecheros [MFH 3520] y 24 mecheros Bunsen [MFH 3818]), 1 bomba calorimétrica [MFH sn] y 1 conjunto de dos picnómetros Jaulmes [MFH sn].

Capítulo 16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión (26 instrumentos y 0 partes o componentes): 5 autoclaves ([MFH 2996], [MFH 3936], [MFH sn], [MFH sn] y [MFH sn]), 4 hornillos calentadores ([MFH 1549], [MFH 3925], [MFH 1550] y [MFH 2447]), 1 horno para cenizas [MFH 2612], 1 ebulloscopia de Melligand [MFH 2613], 2 marmitas de evaporación [MFH 3396] y [MFH 3527], 3 mantas eléctricas para evaporación en caliente [MFH 3551], [MFH 3806] y [MFH 3552], 2 baños de agua [MFH sn] y [MFH sn], 6 estufas de desecación [MFH 4156], [MFH 4157], [MFH 4165], [MFH sn], [MFH sn]

y [MFH sn], 1 aparato para determinar el punto 0°C [MFH sn] y 1 vacuómetro de McLeod [MFH sn].

Capítulo 17. Operaciones de purificación de sustancias, separación de mezclas homogéneas (5 instrumentos y 0 partes o componentes): 3 alambiques (2 tipo Gay-Lussac para vinos [MFH 2611] y [MFH 4109] y 1 normal [MFH 3791]), 1 dispositivo de decantación [MFH sn] y 1 hornillo de gas [MFH 3924].

Capítulo 18. Operaciones de purificación de sustancias, separación de mezclas heterogéneas (0 instrumentos y 5 partes o componentes): 1 juego de cuatro crisoles de vidrio filtrante de sílice [MFH sn] y 1 filtro de sílice [MFH sn].

Capítulo 19. Operaciones de purificación: otras técnicas de separación de mezclas heterogéneas (3 instrumentos y 2 partes o componentes): 3 centrífugas (2 de rutina [MFH sn] y [MFH sn] y 1 de pie con coraza protectora [MFH sn]), 1 tubo de centrífuga [MFH sn] y 1 soporte de tubos de centrífuga [MFH sn].

Capítulo 20. Medidas de longitud, superficie, volumen y tiempo (5 instrumentos y 0 partes o componentes): 2 escalas [MFH 1493] y [MFH 2986] y 3 relojes (1 de pulsos [MFH sn] y 2 relojes avisadores [MFH sn] y [MFH sn]).

Capítulo 21. Medidas de masas (44 instrumentos y 2 partes o componentes): 18 balanzas de mano ([MFH 872], [MFH 873], [MFH 900], [MFH 901], [MFH 902], [MFH 914], [MFH 930], [MFH 938], [MFH 1033], [MFH 1331], [MFH 1333], [MFH 1350], [MFH 2675], [MFH 2803], [MFH 3420], [MFH 3421], [MFH 1414] y [MFH 4329]), 1 estuche de balanza de mano [MFH 938], 6 balanzas-granatario ([MFH 1373], [MFH 2806], [MFH sn], [MFH sn], [MFH sn] y [MFH 1090]), 2 balanzas de Roberval [MFH sn] y [MFH 4898], 2 balanzas para papelillos ([MFH 1032] y 1 dosificadora de papelillos [MFH 1140]), 1 balanza doble [MFH 2907], 14 balanzas de precisión ([MFH 1092], [MFH 1103], [MFH 1321], [MFH 2457], [MFH 3929], [MFH 3930], [MFH sn], [MFH sn], [MFH sn],

[MFH sn], 1 de un solo platillo [MFH sn], 1 microquímica [MFH 4153], 1 de Gambey [MFH 7560] y 1 microbalanza [MFH sn]), 1 balanza de torsión de 500 mg [MFH sn] y 1 caja de pesas con catorce pesas [MFH 4095].

Capítulo 22. Determinación de densidades (33 instrumentos y 1 partes o componentes): 7 conjuntos de alcoholómetros, que individualmente son 16 (1 juego de 5 tipo Gay-Lussac [MFH 3113] y 1 centesimal de Gay-Lussac [MFH sn], 1 juego de 3 con probeta [MFH 3114], 2 normales [MFH 4112] y [MFH sn], 1 juego de 2 alcoholómetros [MFH 993] y 1 juego de 3 alcoholómetros [MFH sn]), 1 densímetro o hidrómetro [MFH sn], 4 areómetros (1 de Nicholson [MFH 988], 1 para cuerpos sólidos [MFH 994], 1 de Baumé y Cartier [MFH sn] y de Paquet [MFH 996]), 2 balanzas hidrostáticas clásicas [MFH 076] y [MFH sn], 5 balanzas de Wesphal [MFH 3804], [MFH 3805], [MFH sn], [MFH sn] y [MFH sn], 1 accesorio de balanza hidrostática [MFH sn], 1 recipiente para estudios de densidad de cuerpos sólidos [MFH 995], 1 juego de cinco densímetros [MFH 3112], más 1 densímetro con estuche [MFH 3829] y 1 picnómetro de líquidos [MFH sn].

Capítulo 23. Medidas de temperatura (26 instrumentos y 1 partes o componentes): 1 calorímetro de Berthelot [MFH 4163], 1 juego de matraces, dotación complementaria de un termóforo [MFH sn], 2 termógrafos de Richard [MFH sn] y [MFH sn], 1 psicrómetro [MFH 3414], 20 termómetros (1 de Réaumur [MFH sn], 1 juego de ocho de referencia [MFH sn], 3 tipo Beckman ([MFH 3817], [MFH sn] y [MFH sn]) y 1 juego de ocho tipo Baudin para calorimetría [MFH sn]) y 2 refrigerantes (1 de vidrio [MFH sn] y 1 cerámico [MFH sn]).

Capítulo 24. Medidas de presión, tensión de vapor y grado higrométrico (7 instrumentos y 0 partes o componentes): 5 higrómetros (1 de Daniell [MFH 989], 1 de Regnault [MFH 3072], 1 de evaporación [MFH 3913] 1 químico [MFH sn] y 1 de punto de rocío [MFH sn]) y 2 manómetros [MFH 3530] y [MFH 3928].

Capítulo 25. Medidas de tensión superficial y viscosidades (6 instrumentos y 2 partes o componentes): 1 picnómetro de sólidos [MFH sn], 1 tensiómetro de Nouy [MFH 4069], 2 frascos (1 para medir viscosidad [MFH sn] y 1 frasco-colector para viscosímetro Engler [MFH sn]), 3 viscosímetros (1 de Duboscq y Pellin [MFH sn], 1 de Oswald modificado [MFH sn] y 1 para sangre Hellige [MFH sn]) y 1 reómetro [MFH sn].

Capítulo 26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio (1 instrumento y 21 partes o componentes): 2 soportes ([MFH 3932] y 1 de madera para disoluciones [MFH sn]) 1 prisma de aceite [MFH sn], 1 recipiente [MFH sn], 2 crisoles cerámicos de Gooch [MFH sn], 3 estativos ([MFH 5413] y 2 estativos con soporte para seis tubos cada uno [MFH sn]), 4 matraces Erlenmeyer (1 para contar gotas [MFH 3417], [MFH sn], [MFH sn] y 1 [MFH sn]), 1 tubo para líquidos fluorescentes [MFH sn], 3 embudos (1 de vidrio ámbar, filtrante [MFH sn], y 2 embudos [MFH sn]), 1 vaso recto [MFH sn], 2 vasos de laboratorio [MFH sn] y [MFH sn], 1 navecilla [MFH sn] y 1 tubo de ensayo para aplicaciones especiales [MFH sn].

Capítulo 27. Instrumentos para operaciones de purificación de sustancias; operaciones preliminares, previas y misceláneas (11 instrumentos y 0 partes o componentes): 1 aparato para ocluir tubos de pomadas [MFH 3392], 1 aparato para hacer sellos en seco [MFH 1215], 1 taladrataponos de Hegershoff [MFH 2972], 4 prensacorchos (ablandacorchos) [MFH 2989], [MFH 3409], [MFH 3410] y [MFH 4268] y 1 rielera para barritas de  $\text{NO}_3\text{Ag}$  [MFH 3424], 1 molino [MFH 2621] y 2 prensas [MFH 1548] y [MFH 3919].

## II. INSTRUMENTOS GALÉNICOS

Capítulo 28. Instrumentos de farmacia operatoria, líquidos (4 instrumentos y 0 partes o componentes): 1 dispensador gota a gota [MFH 3423] y 3 sifones de agua carbónica [MFH 3034], [MFH 3036] y [MFH sn].

Capítulo 29. Instrumentos de farmacia operatoria, gases (6 instrumentos y 1 partes o componentes): 1 aparato de inhalaciones de Dampf [MFH 7561], 1 recipiente para purificar gases [MFH sn], 1 conjunto de frascos para gases [MFH sn], 1 tubo de difusión de gases en líquidos [MFH sn] y 3 aparatos de Kipp [MFH 3880], [MFH 3881] y [MFH sn].

Capítulo 30. Instrumental fotográfico (9 instrumentos y 2 partes o componentes): 4 cámaras fotográficas [MFH 3531], [MFH 3795], [MFH sn] y [MFH sn], 1 apertómetro manual [MFH 3573], 1 fotómetro manual [MFH sn], 1 reveladora [MFH 4171], 1 secador de películas espirales de 35 mm [MFH 4175], 1 visualizador de microfilmes [MFH sn], 1 conjunto de prisma y soporte para cámara oscura [MFH sn] y 1 conjunto de accesorios de cámara fotográfica ajustables a verascope [MFH 3563].

Capítulo 31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia (12 instrumentos y 0 partes o componentes): 6 pildoreros de tipo placa (1 placa de pórfido con plancha para pomadas oculares [MFH 1078], 4 pildoreros, con su peine y magdaleón [MFH 1487], [MFH 3390], [MFH 3397] y [MFH 3028] y 1 pildorero [MFH 1551]), 3 planchas para alisar cremas o para rodar magdaleones [MFH 3023] [MFH 3404] [MFH 3405] y 2 grageadoras (1 para dorar o platear píldoras [MFH 106] y 1 copa grageadora [MFH 173]).

Capítulo 32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios (24 instrumentos y 0 partes o componentes): 6 dispositivos para preparar cápsulas [MFH 141], [MFH 148], [MFH 2940], [MFH 2942], [MFH 3022] y [MFH sn], otros 5 dosificadores de cápsulas [MFH 3003] [MFH 3004] [MFH 3082] [MFH 3399] [MFH 140], 3 pildoreros (1 de cápsulas amiláceas [MFH 1488], 1 de pastillas de goma [MFH 3400] y 1 industrial [MFH 3398]), 1 aparato de Limousin [MFH 2948], 2 moldes para hacer seis supositorios [MFH 3394] y [MFH 3395], 1 dosificadora de tabletas o supositorios [MFH 1030], 1 recipiente para dispensar fármacos en pequeñas cantidades [MFH 3832], 1 recipiente para rodar píldoras [MFH 2827], 3 recipiente de reactivos (1 con doble tapadera [MFH 1068] y 2 para agua destilada esterilizada [MFH 1524] y [MFH 1525]) y 1 vaso hermético para medicamentos [MFH 3415].

Capítulo 33. Farmacia operatoria, instrumentos de hidráulica (11 instrumentos y 0 partes o componentes): 2 inyectores mecánicos (1 para dosificar polvos [MFH 2947] y 1 de pistón móvil [MFH 2957]), 1 adaptador para inyector de pistón móvil [MFH sn], 4 clísteres para enemas [MFH 2895], [MFH 2884], [MFH 2790] y [MFH 2894], 1 aparato para dosificar contenidos líquidos en cápsulas [MFH 3007], 1 dispositivo para transportar líquidos biológicos [MFH 3011] y 2 llaves reguladoras de dos vías para fluidos [MFH sn] y [MFH sn].

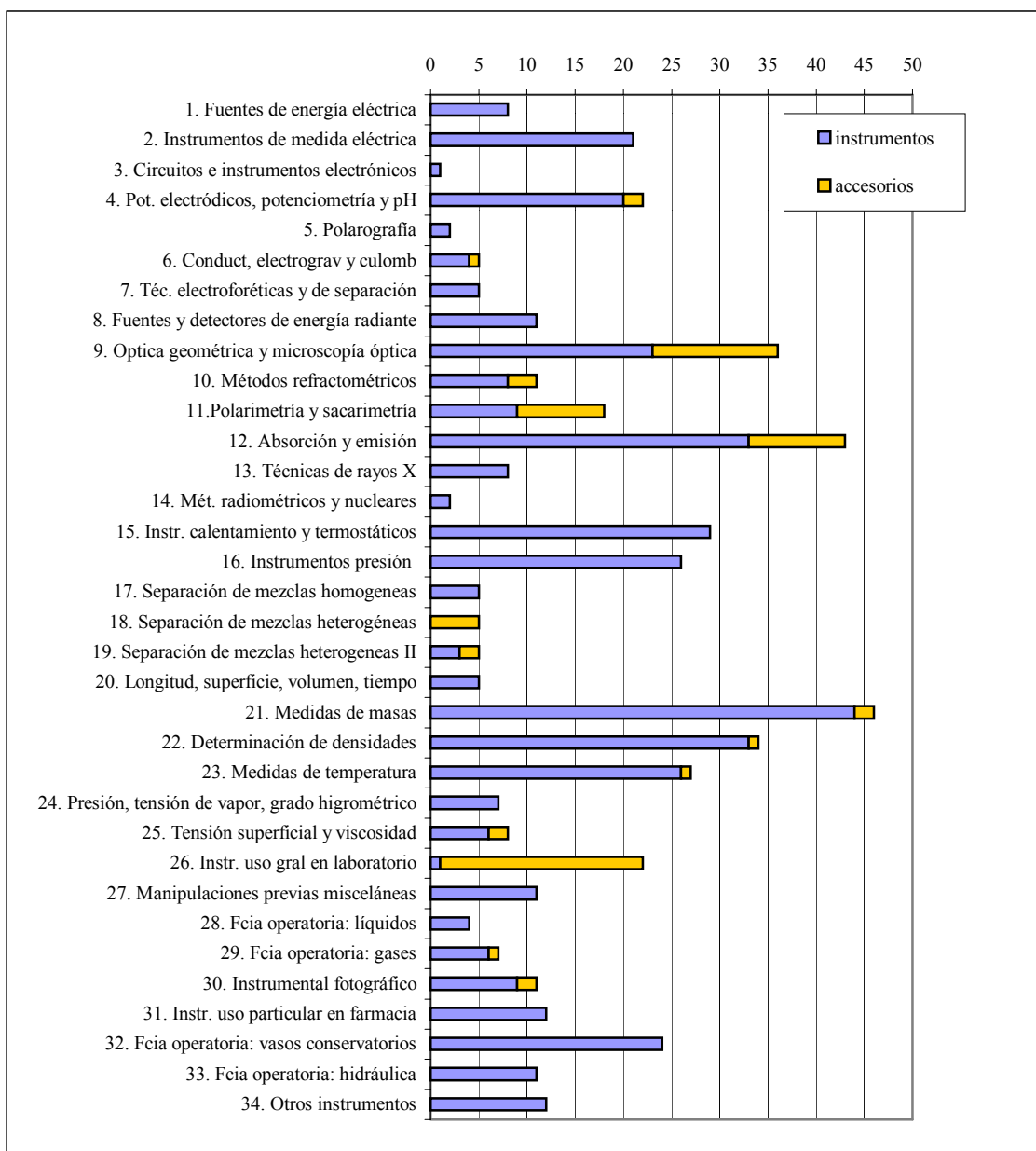
Capítulo 34. Otros instrumentos diversos (12 instrumentos y 0 partes o componentes): 1 cono de verascopio [MFH 3802], 2 ureómetros (1 tipo Erhach [MFH 1100] y otro normal [MFH 3029]), 1 regulador de gas [MFH 1012], 1 marcador de caracteres [MFH 2958], 1 compresor atmosférico [MFH 3922], 3 maletines de Edafología (1 de campo [MFH 1343] y 1 juego de dos maletines complementarios [MFH 1343]), 1 aparato para observar precipitación [MFH sn], 1 pantógrafo de Abbe [MFH sn] y 1 esferas de Lieja [MFH sn].

capítulo	instrumentos	accesorios	% cap. en total
<b>INSTRUMENTOS FISICOS</b>	<b>351</b>	<b>72</b>	<b>83,9%</b>
1. Fuentes de energía eléctrica	8	0	1,6%
2. Instrumentos de medida eléctrica	21	0	4,2%
3. Circuitos e instrumentos electrónicos	1	0	0,2%
4. Pot. electródicos, potencimetría y pH	20	2	4,4%
5. Polarografía	2	0	0,4%
6. Conductimetría, electrogravimetría y coulombimetría	4	1	1,0%
7. Téc. electroforéticas y de separación	5	0	1,0%
8. Fuentes y detectores de energía radiante	11	0	2,2%
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	23	13	7,1%
10. Métodos refractométricos	8	3	2,2%
11. Polarimetría y sacarimetría	9	9	3,6%
12. Absorción y emisión	33	10	8,5%
13. Técnicas de rayos X	8	0	1,6%



14. Mét. radiométricos y nucleares	2	0	0,4%
15. Instr. calentamiento y termostáticos	29	0	5,8%
16. Instrumentos presión	26	0	5,2%
17. Separación de mezclas homogéneas	5	0	1,0%
18. Separación de mezclas heterogéneas	0	5	1,0%
19. Separación de mezclas heterogéneas II	3	2	1,0%
20. Longitud, superficie, volumen, tiempo	5	0	1,0%
21. Medidas de masas	44	2	9,1%
22. Determinación de densidades	33	1	6,7%
23. Medidas de temperatura	26	1	5,4%
24. Presión, tensión de vapor, grado higrométrico	7	0	1,4%
25. Tensión superficial y viscosidad	6	2	1,6%
26. Instr. uso gral. en laboratorio	1	21	4,4%
27. Manipulaciones previas misceláneas	11	0	2,2%
<b>INSTRUMENTOS GALÉNICOS</b>	<b>78</b>	<b>3</b>	<b>16,1%</b>
28. Fcia. operatoria: líquidos	4	0	0,8%
29. Fcia. operatoria: gases	6	1	1,4%
30. Instrumental fotográfico	9	2	2,2%
31. Instr. uso particular en farmacia	12	0	2,4%
32. Fcia. operatoria: vasos conservatorios	24	0	4,8%
33. Fcia. operatoria: hidráulica	11	0	2,2%
34. Otros instrumentos	12	0	2,4%
<b>subtotal</b>	<b>429</b>	<b>75</b>	<b>100,0%</b>
<b>total instrumentos y partes</b>	<b>504</b>	<b>0</b>	<b>100,0%</b>

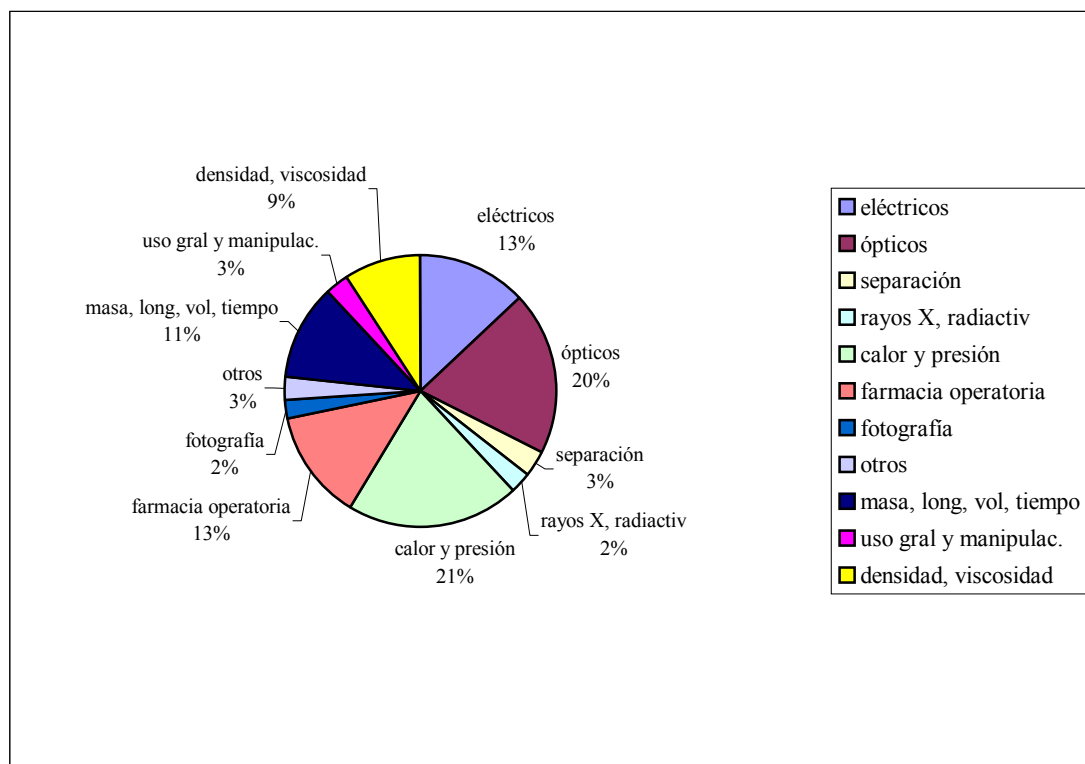
**Tabla 1. Distribución por capítulos de los instrumentos de la colección y partes de los mismos.**



**Figura 1. Histograma con la distribución por capítulos de los instrumentos de la colección y partes de los mismos.**

grupo instrumental	instrumento	accesorios	%
eléctricos	56	3	11,7%
ópticos	84	35	23,6%
separación	13	7	4,0%
rayos X, radiactividad	10	0	2,0%
calor y presión	88	1	17,7%
farmacia operatoria	57	1	11,5%
fotografía	9	2	2,2%
otros	12	0	2,4%
masa, longitud, volumen, tiempo	49	2	10,1%
uso gral y manipulaciones previas.	12	21	6,5%
densidad, viscosidad	39	3	8,3%
<b>total instrum. y acces.</b>	<b>429</b>	<b>75</b>	<b>100,0%</b>

**Tabla 2. Grupos instrumentales de los instrumentos de la colección.**



**Figura 2. Gráfico de sectores con los grupos instrumentales de los aparatos de la colección.**

Todos los instrumentos y equipos citados se encuentran en la actualidad en la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, algunos proceden de su precursora, la Universidad Central<sup>18</sup> y otros que proceden del Colegio de San Fernando<sup>19</sup>. En la

---

<sup>18</sup> VALLE LÓPEZ, ÁNGELA DEL: *La Universidad Central y su distrito en el primer decenio de la Restauración Borbónica (1875-1885)*. Madrid, Consejo de Universidades, 1990. La Universidad Central de Madrid fue la antecesora histórica de la Universidad Complutense de Madrid. Anteriormente, en 1821, la Universidad de Alcalá de Henares había hecho un primer intento de traslado a Madrid, aunque volvió a su antigua sede en 1823 y en 1836 se produjo el traslado definitivo de la Universidad de Alcalá de Henares a Madrid, adquiriendo el carácter y nombre de “Central” e instalándose las Facultades en el Seminario de Nobles y en el desamortizado edificio de las Salesas Nuevas. En 1842 se trasladó toda la Universidad al antiguo Noviciado de los jesuitas y, en 1850 la Facultad de Medicina se mudó al Colegio de San Carlos, en la calle de Atocha. En 1927 se constituyó el Patronato de la Ciudad Universitaria, encargado de gestionar la construcción de las nuevas sedes universitarias en los terrenos de La Moncloa, al noroeste de Madrid, inaugurándose en 1935 el primer edificio de la Ciudad Universitaria: la Facultad de Filosofía y Letras. La guerra civil impidió su uso efectivo y, ya en 1943, como consecuencia de la reforma educativa de este año, la Universidad Central empezó a ser denominada “Universidad de Madrid”, aunque oficialmente mantuvo su nombre de “Universidad Central”. También en 1943 se inauguraron algunos edificios de la Ciudad Universitaria, donde se trasladó la sede oficial de la Universidad. En 1970, como consecuencia de la reforma educativa de este año, la Universidad de Madrid tomó el nombre definitivo de “Universidad Complutense de Madrid”. La Universidad Central se puede considerar heredera de la que fundara el cardenal Cisneros en Alcalá de Henares, antigua *Complutum*, en abril de 1499, la cual inició su actividad en octubre de 1508. El Real Decreto de 29 de junio de 1821 dispuso el traslado de la Universidad de Alcalá de Henares a Madrid, después de un intento frustrado en 1813, en el marco de un proceso de centralización y estatalización de las enseñanzas universitarias. La orden de traslado fue dada el 5 de octubre de 1822, y tres días después se aprobó un Reglamento provisional. La inauguración de la Universidad de Madrid tuvo lugar el 7 de noviembre de 1822, pero la vuelta del Antiguo Régimen significó el fracaso de este primer ensayo, y en julio de 1823 los estudios universitarios volvieron a Alcalá de Henares. Sólo tras la muerte de Fernando VII la Universidad se trasladaría definitivamente a Madrid, en concreto mediante Real Ordenanza de 29 de octubre de 1836. En ese mes de noviembre se trasladaron las facultades de Cánones y Leyes, que ocuparon el Seminario de Nobles. Las facultades de Filosofía y Teología se trasladaron en 1837 a la Casa de las Salesas Nuevas, donde también se trasladaron las otras dos, hasta que el Real Decreto de 18 de mayo de 1842 dispuso que ocupasen edificio del Noviciado de los Jesuitas en la calle San Bernardo; pocos días después, el 16 de julio del mismo año, se aprobó su Reglamento de Gobierno Interior. En 1845 el Plan Pidal continuó la tendencia centralizadora y estableció la secularización de la enseñanza secundaria y superior, hasta entonces ligadas a la Iglesia. Además, se dota a los estudios de un carácter más práctico, como medio para llegar a ejercer una profesión, al menos hasta el grado de licenciado. Se considera que el grado de doctor está ligado a la docencia universitaria y sólo se impartirá en la Universidad de Madrid, que este plan aspira a convertir en “norma y modelo de todas las de España”. Esta nueva etapa se inició en el curso académico 1850-1851, tras unas importantes reformas en el edificio de la calle San Bernardo y la incorporación de otros inmuebles. Así, en el antiguo Noviciado se instalaron el Paraninfo, la facultad de Filosofía y la facultad de Teología, con el Museo de Ciencias Naturales, el Jardín Botánico y el Gabinete de Historia Natural, mientras que en el Colegio de San Carlos, situado en la calle Atocha, se instalaron las enseñanzas de Medicina, y en el Colegio de San Fernando, en la cercana calle de la Farmacia, las de Farmacia. También a partir de este curso la Universidad tomó el nombre oficial de Universidad Central. Poco después se promulga un nuevo Reglamento interno, por Real Orden de 4 de agosto de 1853.

<sup>19</sup> VALLE LÓPEZ, ÁNGELA DEL: *Aportación bibliográfica a la historia de la ciencia: Universidad Central 1886-1902*. Ed. Narcea, Madrid, 1988. El origen del “Real Colegio de Farmacia de San Fernando”, antecesor de la Universidad Central de Madrid, se debe localizar en la primera regulación oficial de los estudios de Farmacia en España, que surgió en las Ordenanzas de 1800. Dichas ordenanzas establecieron la obligatoriedad de estudiar dos años en el Real Colegio de Medicina y Cirugía, con la posibilidad de obtener posteriormente el título de Licenciado en Farmacia. Sólo cuatro años después, en 1804, se ordenó la creación de un

Colegio de Farmacia en Madrid, modelo para otros similares en el resto de España. Oficialmente el “Real Colegio de Farmacia de San Fernando”, antecesor de la Universidad Central (Madrid), concretamente la Facultad de Ciencias Médicas, data del año 1806, cuando se creó el “Real Colegio de Farmacia”; éste, tenía como localización un local de la calle Atocha, donde se impartían las enseñanzas precisas para lograr los grados académicos en Farmacia. En 1814, el nombre “Real Colegio de Farmacia” incorporó la acepción “de San Fernando” para, ya en 1827, trasladarse con el nombre completo de Real Colegio de Farmacia de San Fernando a otros locales de la calle de San Juan, actualmente calle de la Farmacia. En 1843 se suprimió el Real Colegio de Farmacia, y sus estudios se integraron en la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Central. El Real Colegio de Farmacia de San Fernando tuvo capacidad para impartir las enseñanzas necesarias para la obtención de los tres grados académicos superiores en Farmacia. Continuó sin modificaciones hasta los últimos años del reinado de Fernando VII, cuando se empezó a plantear, no sin cierta controversia, la reforma de los estudios de Farmacia y Medicina, de lo cual resultó el Real Decreto de 10 de octubre de 1843, que suprimía el Real Colegio de Farmacia de San Fernando y el Real Colegio de Medicina y Cirugía de San Carlos; la heredera de ambos sería la recién creada Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Central. Por su ámbito científico e historia, el Colegio de San Fernando mantuvo estrechas relaciones con el Real Colegio de Medicina y Cirugía de San Carlos, el cual, a su vez, tendría como sucesora la Facultad de Ciencias Médicas en la Universidad Central de Madrid.

Por otra parte y en 1787 se había creado el Real Colegio de Cirugía de San Carlos, en la calle de Atocha de Madrid. Este Real Colegio de Cirugía de San Carlos había tomado el testigo de enseñanzas médicas, que venían de antiguo, pues ya desde la fundación de la Universidad Complutense a principios del siglo XIV existían en ella cuatro cátedras de medicina y dos de anatomía y cirugía. Empero, en 1771 esas cátedras fueron suprimidas para poder trasladar sus enseñanzas a un colegio que se proyectaba crear en Madrid. Sin embargo, el Real Colegio de Cirugía de San Carlos sólo fue algo real años más tarde, en 1787, año de su fundación (Real Cédula de 24 de febrero de 1787). En 1795 se creó el Estudio de Medicina Práctica, que se instaló junto al Colegio de San Carlos, para, cuatro años más tarde, en 1799, fusionarse el Colegio de San Carlos y el Estudio de Medicina Práctica para formar el Real Colegio de Medicina y Cirugía de San Carlos. La Real Orden de 10 de marzo de 1799 incorporó a este Colegio el Estudio de Medicina Práctica que había sido creado en 1795, y poco después el Colegio cambió su nombre por el de Real Colegio de Medicina y Cirugía de San Carlos. Como queda dicho, al plantearse en los últimos meses del reinado de Fernando VII la reforma de los estudios de Medicina, en abril de 1835 se nombró una primera comisión, a la que seguirían otras más en los años siguientes. La inestabilidad política impidió que esta reforma avanzase con la rapidez deseada; sin embargo, en 1839 se suprimió la Junta Superior Gubernativa de los Colegios de Medicina y Cirugía, que pasaron a depender de la Junta Suprema de Sanidad. En 1843 se habían suprimido el Colegio de San Carlos y el Real Colegio de Farmacia de San Fernando, creándose en su lugar la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Central y posteriormente, el Real Decreto de 10 de octubre de 1843 transformó y unió el Colegio de San Carlos con el de Farmacia de San Fernando, surgiendo la Facultad de Ciencias Médicas, que dependía de la Universidad Central. De esta forma se hizo realidad la Facultad de Ciencias Médicas, sucesora del Real Colegio de Medicina y Cirugía de San Carlos y antecesora de las Facultades de Farmacia y Medicina de la Universidad Complutense de Madrid. Doce años más tarde, en 1845, la Facultad de Ciencias Médicas se dividió en una Facultad de Farmacia y una Facultad de Medicina. Suprimidas en 1839 la Junta Superior Gubernativa de los Colegios de Medicina y Cirugía, que pasaron a depender de la Junta Suprema de Sanidad, el Real Decreto de 10 de octubre de 1843 transformó al conjunto resultante de los Colegios de San Carlos y de Farmacia de San Fernando en la Facultad de Ciencias Médicas, dependiente de la Universidad de Madrid, cuyo primer plan de estudios fijaba en siete años la duración de los estudios de licenciatura en Medicina. Se creaba además una Escuela Práctica, dedicada a la exposición de temas al margen de la cátedra y de la investigación sobre nuevas ramas de la Medicina y se organizaron los colegios de Cirugía Menor, Obstetricia y Medicina Elemental, cuyos estudios duraban cuatro años. Tal organización perduraría escasamente dos años, pues el Real Decreto de 8 de julio de 1845, completado por el Reglamento de 25 de diciembre del mismo año, estableció la separación de los estudios de Farmacia y los de Medicina, creándose las respectivas Facultades.

colección estudiada hemos podido constatar que existen 73 instrumentos donados por distintas instituciones y particulares.

Los métodos instrumentales sobre los que se sustentan la mayor parte de esta colección histórica de instrumentos científicos son procedimientos de análisis químicos, basados en las medidas que proporciona un equipo, instrumento o conjunto de piezas eléctricas o mecánicas y su posterior interpretación, a fin de determinar qué compuestos contiene una muestra (métodos cualitativos) y su concentración (métodos cuantitativos). Cualquier técnica analítica instrumental se basa en la variación que experimenta una propiedad física al interaccionar con la muestra o material analizado, modificándose o generando otra nueva propiedad física. Los métodos instrumentales de análisis poseen sobre los métodos clásicos de análisis, entre otras ventajas, mayor sensibilidad, rapidez, selectividad, facilidad de manejo y automatización. La propiedad física medida permite clasificarlos, en primera aproximación y generalizando, en métodos ópticos, eléctricos, térmicos, radiométricos o de separación.

Los métodos instrumentales ópticos se fundamentan en la interacción de una radiación con la muestra, para producir en ella transmisión, refracción, reflexión, dispersión, polarización, difracción, absorción o emisión. En este caso, la respuesta del instrumento se expresa en energía, longitud de onda, frecuencia o número de onda. A dicho tipo de métodos pertenecen las técnicas espectroscópicas o espectroscopías, que, a su vez, se dividen en espectroscopías atómicas o moleculares, según la naturaleza de la muestra analizada, y en espectroscopías de absorción o de emisión, según la interacción producida.

Los métodos eléctricos miden una propiedad eléctrica, como la conductividad, el potencial o la intensidad de una muestra, generalmente en disolución. En los métodos térmicos, se aplica calor o un aumento de la temperatura a la muestra, para observar su comportamiento o evolución. En los métodos radioquímicos, la muestra se bombardea con neutrones o fotones para inducir en ella radiactividad, o se le adiciona un radionucleido.

En los métodos de separación la propiedad física medida es la movilidad a la que cada componente de una mezcla atraviesa un medio, velocidad que al ser propia toma el sentido de una velocidad diferencial, para así separarse y diferenciarse de los demás integrantes. La muestra puede atravesar un medio arrastrada por un líquido, como en la cromatografía líquida; por un gas, como en la cromatografía de gases; por un campo eléctrico, como en la electroforesis o por una fuerza centrífuga, como en la centrifugación.

Antes del siglo XX, prácticamente todos los ensayos se realizaban por métodos clásicos, no instrumentales. Si bien a finales del siglo XVIII y durante el siglo XIX comenzaron a aparecer equipos sencillos para análisis fotométricos y electrogravimétricos<sup>20</sup>, el análisis instrumental es propio y peculiar del siglo XX. Uno de los primeros equipos instrumentales fue el horno termostático, ideado por Cornelius Drebbel a finales del siglo XVI o la centrífuga de velocidad controlada, creada por James Watt en 1788. El desarrollo de la electrónica durante la Segunda Guerra Mundial y la irrupción de los ordenadores, ha abaratado y popularizado los equipos instrumentales, que en casi todos los laboratorios han sustituido a los análisis clásicos. La instrumentación se desarrolló meteóricamente dentro del contexto de la revolución industrial durante los siglos XVIII y XIX<sup>21</sup>, sobre todo en las técnicas de análisis de magnitudes, métodos eléctricos y análisis físicos. La utilización mayoritaria de la electricidad condujo a nuevos equipos, capaces de medir corriente, voltaje y resistencia. Asimismo, se desarrollaron los métodos analíticos basados en microscopios<sup>22</sup> y espectroscopios<sup>23</sup>, y el siglo XX fue tomando sucesivamente la acepción de siglo de la física, de la química, de los aparatos precisos y exactos, de la electrónica y de la informática. El ordenador surgió en 1950 y pronto llegó a los laboratorios, generalizándose su uso en 1980; hoy es raro ver un equipo que no pueda volcar los resultados o ser controlado desde un ordenador. Este, por su capacidad de procesar información y almacenarla, ha revolucio-

---

<sup>20</sup> REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES: *Curso de Conferencias sobre historia de la Física en el siglo XIX*. Madrid: publicación de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1987.

<sup>21</sup> TEYLER MUSEUM (HAARLEM): *Physical cabinet. The practice of science in the nineteenth century*. Haarlem: Teyler Museum, 1996.

<sup>22</sup> CLAY, REGINALD S.: *The History of the Microscope*. Londres. Charles Griffin and Company, 1932.

<sup>23</sup> BROWN, OLIVIA: *Microscopes*. Cambridge: Whipple Museum of the History of Science, 1987.

nado los métodos instrumentales y ha permitido la comparación simultánea de varios análisis, el reprocesado de muestras y la disponibilidad de una gran cantidad de información, posibilitando tomar decisiones rápidas y alterar automáticamente el flujo de materiales dentro de una fábrica. Actualmente, en un laboratorio de análisis químico cualquiera, podemos hallar tres tipos de instrumentos: equipos generales de laboratorio (estufas, balanzas, pHmetros), equipos habituales (espectrofotómetros UV-VIS, cromatógrafos de gases y de líquidos) y, por último, equipos específicos para los análisis que cada laboratorio realiza como especialidad.

Si bien los resultados instrumentales pueden ser numéricos (dígitos en el monitor del instrumento), gráficos (en registradores o impresoras, para ser analizados e interpretados posteriormente) y ligados a un sistema de cálculo global del laboratorio o de la empresa o fábrica donde se halla el mismo, hay que ponerse en el lugar, tiempo y circunstancias de quienes manejaron los instrumentos de la colección de instrumentos científicos objeto de estudio.





## RESUMEN Y CONCLUSIONES

Si bien un trabajo de estas características carece de conclusiones, ya que se trata de un estudio museográfico, es factible realizar el siguiente resumen aclaratorio:

Se recogen en el trabajo los instrumentos científicos desde la creación de la Cátedra, en 1892, de aparatos de Física aplicada a la Farmacia, por parte de d. Fausto Garagarza y Dugials, así como de sus sucesores. De hecho, la primera Cátedra de Físico-Química en la Universidad española surgió en la Facultad de Ciencias Químicas y fue detentada por el farmacéutico Dr. Magín Bonet. Así pues, fue precisamente un farmacéutico el primer catedrático de Físico-Química de la Universidad española. Por ello, no es ningún aserto inverosímil que la colección de instrumentos de Farmacia, Físico-Química y Análisis Instrumental Farmacéutico existentes en nuestra Facultad sean singulares y de enorme valor científico, didáctico y museístico. Los analistas farmacéuticos españoles del siglo XIX alcanzaron un tremendo prestigio; tenemos que volver a citar enseguida al farmacéutico Dr. Magín Bonet y Botifill, Catedrático en Ciencias, quien creó una de las primeras escuelas analíticas en España, donde tuvo como discípulo a Juan Fagés y Virgili (1862-1911), doctor en Farmacia y Ciencias, quien fue Ayudante y Auxiliar en la Facultad de Farmacia y luego Catedrático de Análisis Químico de la Facultad de Ciencias de Madrid. Pero fue Antonio Moreno Ruiz (1796-1865), Catedrático de Química del Colegio de San Fernando de Madrid quien, desde la docencia de la asignatura “Análisis químico de alimentos, bebidas y aguas minerales y sustancias venenosas”, aunó ya sin solución de continuidad los fines analíticos con los docentes. A Moreno le sucedió Juan María Pou y Camps (1801-1865) en la enseñanza del Análisis Químico y a éste, a su vez, Manuel Rioz y Pedraja (1815-1887), Decano además de la Facultad de Farmacia y Rector de la Universidad Central de Madrid. Fausto Garagarza y Dugials sucedió a Rioz, buscando igualar contenidos y medios en los laboratorios españoles con los europeos. En 1884 y 1885 surgieron las asignaturas “Teoría y Práctica de Física con aplicación a la Farmacia” y “Estudio de los instrumentos y aparatos de Física de aplicación a la Farmacia”, donde la obra de Henri Buignet “*Manipulations de Physique*” como referente, establecería para los estudiantes de Farma-

cia la necesidad y obligación de conocer y utilizar aparatos de física en su ejercicio profesional, más detalladamente que un mero curso de Física General. Garagarza, Catedrático y Decano de la Facultad y director del Laboratorio Municipal de Madrid, perseveró en los pasos de Buignet y en 1892 publicó “Instrumentos y aparatos de Física de aplicación a la Farmacia”, futuro y obligado libro de texto de alumnos de la carrera de Farmacia, sin descontar otros muchos profesionales. Al jubilarse Garagarza en 1900 a los setenta años, la asignatura pasó a denominarse “Técnica Física”, asignatura que incorporaría la naciente Físico-Química. En 1931, tras haberse llamado entre 1928 y 1931 la asignatura “Complementos de Física y Aplicaciones de Física y de Química-Física”, la tenemos como “Técnica Física aplicada a la Farmacia”. El Dr. José Casares Gil, catedrático de Técnica Física y de Análisis Químico, buscó la modernización de la asignatura, haciendo hincapié en que la utilización de los instrumentos físicos (polarímetros, espectroscopios, etc.) debían considerarse básicos para el ejercicio profesional de un licenciado en Farmacia. También Casares Gil publicó un libro clásico, su “Análisis Químico”, del cual se hicieron diez ediciones, y “Técnica Física”, con cuatro ediciones, obras básicas para varias generaciones de farmacéuticos. Los discípulos de Casares Gil, los doctores Casares López y Portillo Moya-Angeler le sucedieron respectivamente en las cátedras de Análisis Químico y Técnica Física. Fue d. Ramón Portillo quien ostentó la cátedra de la asignatura, llamada “Técnicas de las medidas físicas y físico-químicas” y posteriormente, en 1944, “Técnica Física”. El Prof. Dr. Ramón Portillo introdujo en España de las técnicas polarográficas y le sucedió en 1968 el Prof. Dr. Manuel Ortega Mata, lo que supuso una verdadera renovación, que dio pie nominal y conceptualmente a las actuales “Técnicas Instrumentales”. En 1978, el Prof. Dr. Pablo Sanz y en 1982 el Prof. Dr. Benito del Castillo continuaron la ardua tarea de seguir incorporando nuevos métodos instrumentales a la asignatura, contemplando la rápida evolución de la tecnología.

Predominan entre todos los instrumentos circunstantes y estudiados, los instrumentos ópticos sobre los eléctricos. Eran aquellos más caros y sofisticados que éstos, lo cual demuestra que los investigadores podían disfrutar de los mejores métodos instrumentales de análisis existentes. Podemos aseverar que los métodos eléctricos resultaban mayoritarios en los laboratorios de naciones europeas occidentales, a fuer de que requerían más presencia física del ana-

lista (hoy diríamos mano de obra) y esa mano de obra en esos países era marcadamente más barata que en las naciones occidentales. La colección de instrumentos científicos analizada en el trabajo engloba un número de instrumentos suficientemente importante como para aseverar el alto nivel que tenían los estudios de Farmacia de la época. Por otra parte, la conservación de dicha colección resulta una herramienta de inmensurable utilidad con fines históricos.

Analizando el número de equipos completos frente a aquellos modulares y equipos de didáctica de la Física, 429 y 75 respectivamente, vemos de forma palmaria el sesgo de la colección hacia los equipos completos (tabla 1), lo cual nos induce necesariamente a pensar y afirmar que había dinero para comprar equipos enteros. Ya hemos dicho que José Casares Gil intentó evitar el retraso de la Física, que él mismo denunció, y llevar a la práctica la modernización didáctica de la Facultad de Farmacia.

En la colección, dominan palmariamente los equipos físicos para investigación sobre los de docencia. Hallamos un 11,3% de equipos eléctricos, frente a un 23,6% de equipos ópticos (tabla 2, figura 2), pues la “influencia eléctrica” de Portillo fue demasiado reciente, más próxima en el tiempo a nosotros que a los equipos de la colección y, sin duda, los instrumentos ópticos fueron y son más a los fines farmacéuticos que los eléctricos, más propios a la Química-Física. El libro de Casares de 1924<sup>24</sup> *terminaba* con cuatro capítulos sobre métodos eléctricos (tabla 3), mientras que el libro de Portillo de 1963<sup>2</sup> *comenzaba* con nueve capítulos sobre métodos eléctricos (tablas 4 y 5); Casares dedica seis capítulos y Portillo once a los métodos ópticos, aunque en este último caso, incluyendo la microscopía. En ambos casos, no podemos perder de vista la referencia de que ambas obras fueron libros de texto para generaciones de estudiantes de Farmacia y de consulta de profesionales farmacéuticos y de otras ramas. Los 37 años de desfase entre ambos textos posibilitan la inclusión en Portillo de nuevos capítulos sobre técnicas instrumentales más recientes, como la electroforesis y la cromatografía.

La colección se basa en Técnica Física y explica el nivel de esta disciplina, pero queda para futuras acciones determinar el nivel existente en la Facultad entera, pues en nuestro traba-

---

<sup>24</sup> CASARES GIL, JOSÉ: Tratado de Técnica Física, 3ª edición, Madrid, Librería de Victoriano Suárez, 1924.

jo hemos echado en falta los instrumentos procedentes de las cátedras de Microbiología, Parasitología y Botánica, entre otros.

El objetivo del trabajo ha sido contribuir al catálogo del Museo de la Farmacia Hispana; los instrumentos expuestos, no sólo se han descrito, sino que se han estudiado y catalogado.

<i>Capítulo</i>	<i>Páginas</i>
<b>Física general</b>	
CAP. 1. Balanzas	1 a 20
CAP. 2. Pesos específicos	21 a 40
CAP. 3. Errores en las ciencias de observación; cálculos numéricos	41 a 45
CAP. 4. Pesadas en el vacío	45 a 46
CAP. 5. Corrección de los pesos específicos	47
CAP. 6. Volúmetros y densímetros	48 a 58
CAP. 7. Alcohómetro centesimal de Gay-Lussac	58 a 65
CAP. 8. Problemas referentes a los pesos específicos	65 a 71
CAP. 9. Apéndice	71 a 75
CAP. 10. Coeficientes de dilatación	76 a 84
CAP. 11. Termómetro	84 a 95
CAP. 12. Barómetro	96 a 105
CAP. 13. Medida del volumen de los gases	106 a 114
CAP. 14. Volumenómetro	115 a 118
CAP. 15. Densidad de gases y vapores	119 a 143
CAP. 16. Aplicaciones a la química de las densidades de vapores	143 a 148
CAP. 17. Temperaturas absolutas. Ecuación de los gases. Teoría cinética de los gases. Fórmula de Van der Waals	148 a 151
CAP. 18. Reguladores de temperatura	152 a 161
CAP. 19. Trompas	162 a 175
CAP. 20. Nuevos aparatos para hacer el vacío	175 a 181
<b>Calor</b>	
CAP. 21. Det. de los puntos de fusión y solidificación de los Cuerpos	182 a 192
CAP. 22. Determinación de los puntos de ebullición	193 a 202
CAP. 23. Det. del punto de congelación de las disoluciones. Crioscopia	203 a 216

CAP. 24. Det. del punto de ebullición de las disoluciones. Ebulloscopía	217 a 232
CAP. 25. Presión osmótica. Disociación electrolítica y anomalías en la determinación de pesos moleculares. Criohidratos	232 a 250
CAP. 26. Det. de la tensión superficial y de la viscosidad de los líquidos	251 a 263
CAP. 27. Calorimetría; termoquímica	264 a 298
<b>Luz</b>	
CAP. 28. Índices de refracción	299 a 326
CAP. 29. Microscopio	327 a 423
CAP. 30. Espectroscopia	424 a 470
CAP. 31. Polarímetros	471 a 506
CAP. 32. Sacarímetros	506 a 524
CAP. 33. Colorímetros, espectrocolorímetros y espectrofotómetros	524 a 532
<b>Electricidad</b>	
CAP. 34. Unidades eléctricas. Cuadros. Acumuladores	533 a 552
CAP. 35. Medida de resistencias y conductibilidades	552 a 569
CAP. 36. Medida del potencial eléctrico	570 a 586
CAP. 37. Radioactividad	586 a 594

**Tabla 3. Distribución en capítulos de la tercera edición del libro de José Casares Gil “Tratado de Técnica Física”, de 1924<sup>24</sup>.**

<i>Capítulo</i>	<i>Págs.</i>
CAP. I. Conceptos fundamentales. Fuentes de energía eléctrica	15
CAP. II Instrumentos de medida y disposiciones accesorias	37
CAP. III. Circuitos y montajes eléctricos. Medidas de resistencias	61
CAP. IV. Circuitos e instrumentos electrónicos	82
CAP. V. Potenciales electródicos	121
CAP. VI. Técnicas potenciométricas y medidas de pH	147
CAP. VII. Polarografía y técnicas afines	183
CAP. VIII. Conductividad eléctrica y métodos conductimétricos	219
CAP. IX.- Métodos electrogravimétricos y culombimétricos	241
CAP. X. Técnicas electroforéticas	271
CAP. XI. Fuentes de energía radiante	317
CAP. XII Receptores de radiaciones	337
CAP. XIII. Selectores de radiaciones	363
CAP. XIV. Fundamentos de óptica geométrica	373
CAP. XV. Microscopio óptico	385
CAP. XVI. Microscopios ópticos especiales y microscopía electrónica	429
CAP. XVII. Métodos refractométricos	467
CAP. XVIII. Polarimetría y sacarimetría	493
CAP. XIX. Espectroscopia de emisión y Raman	519
CAP. XX. Espectrofotometría de llama	561
CAP. XXI. Absorciometría visible. Nefelometría y fluorometría	597
CAP. XXII Espectroscopia ultravioleta e infrarroja	653
CAP. XXIII. Métodos analíticos por rayos X	697
CAP. XXIV. Aplicaciones analíticas de la radiactividad y de otros fenómenos nucleares	723

**Tabla 4. Distribución en capítulos del libro de Ramón Portillo “Introducción a los Métodos Instrumentales Químico-analíticos”, de 1963<sup>2</sup>.**

Capítulo	Págs.
<b>PRIMERA PARTE: OPERACIONES GENERALES DE LABORATORIO</b>	
CAP. I. Instrumental y accesorios de uso corriente en el laboratorio	1
CAP. II. Artificios de calentamiento y termostáticos	27
CAP. III. Artificios para modificar y estabilizar la presión	67
CAP. IV. Manipulaciones previas misceláneas	89
CAP. V. Operaciones de purificación de sustancias. Operaciones preliminares	119
CAP. VI. Operaciones de purificación de sustancias (continuación). Separación de mezclas homogéneas	147
CAP. VII. Operaciones de purificación de sustancias (continuación). Separación de mezclas heterogéneas	171
CAP. VIII. Operaciones de purificación (continuación). Separación de mezclas heterogéneas	207
<b>SEGUNDA PARTE: TECNICAS FISICAS DE LABORATORIO</b>	
CAP. IX. Errores de observación. Métodos de cálculo. Representación gráfica de funciones	
CAP. X. Medidas de longitud, superficie, volumen y tiempo	265
CAP. XI. Medidas de masas y preparación de soluciones patrones	295
CAP. XII. Medidas de temperatura	333
CAP. XIII. Medidas de presión, tensión de vapor y grado higrométrico	357
CAP. XIV. Determinación de densidades	379
CAP. XV. Medidas de tensión superficial y viscosidades	407
CAP. XVI. Determinaciones de magnitudes térmicas	437
CAP. XVII. Determinaciones calorimétricas	465

**Tabla 5. Distribución en capítulos del libro de Ramón Portillo “Operaciones y Técnicas Físicas de Laboratorio”, de 1957<sup>3</sup>.**





## **INDICE GENERAL POR CAPÍTULOS**

1. Fuentes de energía eléctrica.
2. Instrumentos de medida eléctrica y disposiciones accesorias.
3. Circuitos e instrumentos electrónicos.
4. Potenciales electródicos, técnicas potenciométricas y de medida de pH.
5. Métodos eléctricos: polarografía y técnicas afines.
6. Métodos conductimétricos, electrogravimétricos y coulombimétricos.
7. Técnicas electroforéticas y de separación.
8. Fuentes y detectores de energía radiante.
9. Óptica geométrica y microscopía óptica.
10. Métodos refractométricos.
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos.
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión.
13. Técnicas de rayos X.
14. Métodos radiométricos y fenómenos nucleares.
15. Instrumentos de calentamiento y de termostatación; determinación de magnitudes térmicas.
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión.
17. Operaciones de purificación de sustancias: separación de mezclas homogéneas.
18. Operaciones de purificación de sustancias: separación de mezclas heterogéneas.
19. Operaciones de purificación: otras técnicas de separación de mezclas heterogéneas.
20. Medidas de longitud, superficie, volumen y tiempo.
21. Medidas de masas.
22. Determinación de densidades.
23. Medidas de temperatura.
24. Medidas de presión, tensión de vapor y grado higrométrico.
25. Medidas de tensión superficial y viscosidades.
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio.

- 27. Instrumentos para operaciones de purificación de sustancias; operaciones preliminares, previas y misceláneas.
- 28. Instrumentos de farmacia operatoria: líquidos.
- 29. Instrumentos de farmacia operatoria: gases.
- 30. Instrumental fotográfico.
- 31. Farmacia operatoria: instrumentos de uso particular en farmacia.
- 32. Farmacia operatoria: vasos conservatorios.
- 33. Farmacia operatoria: instrumentos de hidráulica.
- 34. Otros instrumentos diversos.

# 1. FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Las “máquinas electrostáticas” son dispositivos electromecánicos que producen “electricidad estática” o electricidad continua a alto voltaje<sup>25</sup>. Fueron éstos básicos y fundamentales en los primeros estudios sobre electricidad que comenzaron en el siglo XVII<sup>26</sup>, en una primera forma de “máquinas de fricción”, culminando su desarrollo a finales del siglo XIX con la aparición de las potentes “máquinas de inducción”<sup>27</sup>. En la actualidad aún continua su existencia, en algunos laboratorios de física, al margen y además de museos y colecciones históricas<sup>28</sup>. Si en el siglo XVIII Benjamin Franklin (1706 - 1790) y Charles Coulomb (1736-1806) realizaron importantes avances en lo que hoy denominamos electrostática<sup>29, 30</sup>, el comienzo del siglo XIX acarrió el nacimiento de la pila eléctrica, inventada por Alessandro Volta(1745-1827)<sup>31, 32</sup>. Veinte años después del descubrimiento de Volta, el

---

<sup>25</sup> DARY, GEORGES: *A travers l'électricité*. Paris: Librairie Nony & Cie, 1900, cap. 1.

<sup>26</sup> La electricidad es un producto de la llamada Revolución Científica. Fue el científico alemán Otto von Guericke el que acumuló electricidad por primera vez, en 1660, haciendo rotar una bola de azufre contra su mano. Como es bien sabido, Benjamin Franklin inventó en 1752 el pararrayos, demostrando así que la electricidad circula a través de barras metálicas, descargándose sin daño para las personas en el suelo. En 1800 el científico italiano Alessandro Volta fabricó la primera pila eléctrica, al superponer alternativamente discos de cobre y zinc entre almohadillas de tela empapadas con ácido. Una reacción electroquímica entre estos discos generó un flujo constante de carga eléctrica. En 1796, en Como, Volta modificó su “teoría del contacto” para satisfacer las nuevas experiencias de Galvani, Aldini y Vassalli. Con ese fin, admitió que las contracciones musculares podían estar provocadas, además de por conductores metálicos, por la intervención de los “conductores húmedos”. Volta experimentó para demostrar físicamente su teoría del contacto, para lo cual sustituyó su electrómetro-condensador por un multiplicador de Nicholson, con lo cual se puso en evidencia doble tensión que se genera al contacto entre diversos conductores, ya sean de primera clase (metales) o de segunda (conductores húmedos)

<sup>27</sup> TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998, p. 80, 107.

<sup>28</sup> BOFFITO, GIUSEPPE: *Gli strumenti della scienza e la scienza degli strumenti*. Roma: Multigrafica Editrice, 1982.

<sup>29</sup> En 1746 en Venecia un autor anónimo publicó el “Libro de la electricidad, esto es, de las fuerzas eléctricas de los cuerpos en la física experimental”. Este libro, probablemente escrito por el médico y matemático veneciano Eusebio Sguario, describe algunos de los instrumentos disponibles para estudiar los fenómenos eléctricos.

<sup>30</sup> En 1747, William Watson, en Londres, y Benjamin Franklin, in Pennsylvania, sostuvieron casi contemporáneamente que la “electrización” consistía en variaciones mayores o menores de la cantidad de fluido eléctrico contenida en un cuerpo

<sup>31</sup> A las primeras pilas de Volta se deben los avances teóricos y prácticos que se sucedieron posteriormente. Esta pila fue fruto de la intuición y se hizo funcionar sin saber exactamente cual era la causa de la energía eléctrica producida. Fue al cabo de cuarenta años que Faraday descubrió la fuente química de la electricidad.

físico danés Hans Christian Oersted (1777-1851), al pasar corriente continua por un hilo, descubrió el 21 de julio de 1820 la interacción entre electricidad y magnetismo<sup>33, 34</sup>, relación ya intuita en el siglo XVIII<sup>35</sup>, pero que nunca fue objeto de experimentos para cerciorarse de dicha relación, a pesar de tales sospechas a lo largo de la historia<sup>36</sup>, aunque Michael Faraday (1791-1867) estuvo cerca de ello<sup>37</sup>.

Los primeros aparatos eléctricos conocidos fueron electrostáticos<sup>38</sup>. John Wesley los empleó en 1757 con fines terapéuticos y sus pacientes encontraron de inmediato “una cura gradual”, algo que hoy adjetivaríamos como una cura nosomántica. Ya a finales del siglo XIX se habían inventado numerosos aparatos eléctricos, pero la primera de las máquinas de “curanderos y bribones” fue la máquina médica de Whimshurst (que no hay que confundir con la máquina de inducción del mismo autor), inventada en 1882 y luego fabricada por

---

<sup>32</sup> GAMOV, GEORGE: *Biografía de la Física*. Madrid: Alianza Editorial, 1988. p. 161.

<sup>33</sup> En 1812 el profesor de filosofía natural de la Universidad de Copenhague, Hans Christian Oersted, quien vivió entre 1777 y 1851, como resultado de sus investigaciones sobre los efectos de corrientes eléctricas en las agujas de una brújula, publicó varios ensayos en los que defendía la relación entre electricidad y magnetismo, apoyándose en argumentos filosóficos, como el de la necesaria unión de todas las fuerzas naturales. No fue sino hasta 1820 cuando Oersted encontró experimentalmente que una corriente eléctrica sí tiene efecto sobre un imán. Oersted colocó sobre una brújula un alambre por el que circulaba una corriente y observó que esta se desviaba hacia el oeste, después colocó el alambre bajo la brújula y la aguja fue desviada hacia el este; concluyó que una corriente eléctrica produce un efecto magnético y además que éste queda esparcido por todo el espacio, lo cual constituyó la primera idea sobre el campo magnético.

<sup>34</sup> GIORDANO, CIRO: *Guida alla mostra “elettricità e magnetismo nel fondo storico di fisica della biblioteca universitaria”*. Pavia: Università degli Studi di Pavia, 1990.

<sup>35</sup> AMAT, FELICE: *Physicae particularis institutiones*, 2ª ed. Barcelona: officina Bernardi Pla, 1785.

<sup>36</sup> Se dice que el origen del estudio de los fenómenos eléctricos hay que buscarla en la lejana China, donde, hacia los milenios II y III aC., sus sabios averiguaron que la magnetita tiene poderosas propiedades magnéticas. No en vano, los chinos inventaron la brújula que, curiosamente, apuntaba hacia el Sur. Sin embargo, es una palabra griega la que da nombre a esta ciencia: electricidad deriva de “*electron*”, el término por el cual los griegos conocían al ámbar. Hacia el 600 aC. Tales de Mileto comprobó que si frotamos el ámbar, éste atrae partículas de polvo: de ahí que asumiera la existencia de un fluido que él denominó “*electron*”. También se le atribuye la siguiente frase: “La magneto tiene vida dentro de sí, porque mueve el hierro”. Significativamente, la acepción “magnetismo” deriva de la región griega de Magnesia, puesto que Tales experimentó con magnetita procedente de esa región.

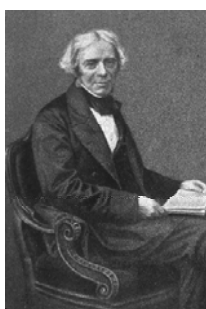
<sup>37</sup> SIMPOSIO FARADAY: *Michael Faraday, un genio de física experimental*, 1ª ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1995. Michael Faraday fue uno de los científicos más importantes en física y en química durante el siglo XIX. Faraday procedía de una familia humilde y a los 14 años era aprendiz en una librería-imprenta, donde comenzó por sí mismo a leer y estudiar física. La teoría de Faraday de la descomposición electroquímica (o disociación electrolítica), fue un punto de partida radical y requirió un nuevo vocabulario conceptual para describir las manifestaciones empíricas; Faraday tuvo que “inventar” y definir numerosos términos fundamentales que desde entonces se utilizan en electroquímica.

<sup>38</sup> GIORDANO, CIRO: *Guida alla mostra “elettricità e magnetismo nel fondo storico di fisica della biblioteca universitaria”*. Pavia: Università degli Studi di Pavia, 1990.

*Sanitas Electrical Co.* en 1908. Se trataba de un aparato de dimensiones grandes, montado sobre una caja de madera, diseñado para producir *shocks* eléctricos y pretendidamente curativo<sup>39</sup>, al aplicar sobre los pacientes sus electrodos manualmente, con una corriente muy baja. Las máquinas magnéticas también fueron fabricadas a finales del siglo XIX con el mismo fin, como la máquina de Faraday (figura 3). Ya en 1821, Michael Faraday (figura 4) había introducido una idea luego fundamental para la física moderna, al hablar de “campo” para describir una fuerza electromagnética. En 1820 Jean-Baptiste Biot (1774-1862) y Felix Savart (1791-1841) calcularon la fuerza ejercida por un campo magnético sobre una carga eléctrica y demostraron que era inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, definiendo dicha esta fuerza como “intensidad de campo”. Las espiras de inducción fueron empleadas para provocar *shocks* eléctricos en el tratamiento de pacientes, logrando supuestas e increíbles propiedades curativas sobre el asma, la bronquitis o el reuma.



**Figura 3. Máquina de Faraday.**



**Figura 4. Michael Faraday (1791-1867).**

---

<sup>39</sup> Este tipo de máquinas o aparatos fueron denominados “aparatos de curanderos y bribones”.

Algunos años después, Nikola Tesla, un croata que vivía en Estados Unidos, perfeccionó en 1891 una espira dentro de un circuito de modulación, que producía descargas espectaculares, dispositivo hoy conocido como “espira de Tesla”<sup>40</sup>. En 1902 la compañía *GEC* ya fabricaba espiras de Tesla para los hospitales londinenses y en 1920 un instrumento basado en una espira de Tesla y llamado *Vitalator de Roger*, proporcionaba tratamiento para las enfermedades incurables y problemas cutáneos.

Las máquinas electrostáticas de inducción generan altas tensiones mediante campos eléctricos, con o sin dispositivos separadores de cargas. Todas ellas funcionan como versiones automatizadas del electróforo de Volta<sup>41</sup> (1776) o del duplicador de Bennet<sup>42</sup> (1787) y en todas ellas, en algún momento del proceso de inducción, se aproximan dos superficies, una de las cuales se halla cargada eléctricamente y la otra permanece neutra. Así, las cargas son atraídas hacia la superficie neutra de polaridad opuesta a la carga de la superficie inductora. Posteriormente, se interrumpe la conexión a tierra y aumenta enormemente el potencial eléctrico de las superficies en movimiento. Las cargas de alta tensión generadas de esta forma se colectan en los terminales de la máquina mediante “escobas” o, más habitualmente, mediante puentes metálicos. Las máquinas de inducción suelen montar mecanismos capaces de utilizar las cargas generadas, reforzando la carga inicial.

Sea como fuere, la principal fuente de electricidad durante el siglo XVIII fueron las máquinas eléctricas por fricción<sup>43</sup>, difundidas primeramente a principios del siglo XVIII por el miembro de la *Royal Society* Francis Hauksbee y cuyos objetivos eran diametralmente opuestos a los que terminarían por ser sus principales usos. Diseñó Hauksbee un aparato consistente en un globo de vidrio que podía ser girado rápidamente mediante un siste-

---

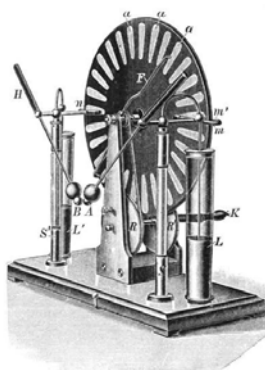
<sup>40</sup> JAMIN, M.: *Cours de Physique de l'école polytechnique*, 4ª ed. Paris: Gautiers-Villars, imprimeur-librairie, 1886. (Op. Cit.), p. 129.

<sup>41</sup> BATORI, A., BOVILACQUE, F.: *Clavis Scientiarum. Catalogo del Fondo Storico di Fisica alla Biblioteca Universitaria e della Biblioteca A. Volta di Pavia*. Milán: Università degli Studi di Pavia, 1990.

<sup>42</sup> En 1787, en Londres, el físico inglés Abraham Bennet inventó un duplicador formado por un electroscopio y dos pilas metálicas, máquina basada, como el electróforo perpetuo, en el fenómeno de la inducción electrostática y permite, mediante ciclos sucesivos, almacenar la carga eléctrica acumulada.

<sup>43</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 218.

ma móvil y cargarse eléctricamente frotándolo con un paño o con la mano. La nueva máquina fue desarrollada y transformada en posteriores innovaciones por diversos autores, como la sustitución de la esfera por un disco de vidrio y la introducción de tubo metálico que posibilitaba la transmisión de la electricidad producida hasta el lugar deseado. Con un gran número de variantes, esta fue la máquina eléctrica que se empleó en muchos centros de enseñanza del siglo XIX y principios del XX<sup>44</sup>.



**Figura 5. Grabado de una máquina de Wimshurst.**

La máquina de Wimshurst<sup>45</sup> (figura 5) fue inventada en Inglaterra por James Wimshurst<sup>46</sup>, quien la describió por primera vez en enero de 1883<sup>47</sup>, cuando ya se conocían otras

<sup>44</sup> GUILLEMIN AMADÉE VICTOR: *El mundo físico*. Barcelona: Montoner y Simón, 1882. p. 88.

<sup>45</sup> En las décadas finales del siglo XIX, se difundieron un tipo de máquinas semejantes desarrolladas por el ingeniero inglés James Wimshurst (1832-1903) que también producían electricidad mediante inducción gracias a dos o más discos que se movían en sentidos opuestos y que contenían láminas de estaño sobre ellos, incluyendo también unos arcos metálicos y unos condensadores para favorecer el proceso.

<sup>46</sup> James Wimshurst fue un ingeniero nacido en Poplar, Inglaterra, el 13 de Abril de 1832. Segundo hijo de Henry Wimshurst, quien era proyectista y constructor de los primeros barcos impulsados por hélice, James Wimshurst fue educado en Steabonheath House, en Londres, y realizó su aprendizaje en Thames Ironworks con James Mare. En 1853, logró un empleo en Londres, como “supervisor” en los talleres Lloyds. Más tarde, marchó a Liverpool, donde en 1865 le tenemos como jefe del Liverpool Underwriters' Registry, entidad incorporada a los talleres Lloyds. En 1874, se adscribió a la cámara de comercio (“board of trade”) como “chief shipwright surveyor” del departamento de consultoría y participó como representante de Lloyds en la conferencia internacional de Washington de 1890. Nueve años más tarde moría James Wimshurst, en 1899.

Durante toda a vida, Wimshurst dedicó su tiempo libre a trabajos experimentales; disponía en su casa de Clapham de una gran oficina, donde tenía las mejores herramientas e incluso iluminación eléctrica. En 1880 se interesó por las máquinas eléctricas de inducción y construyó varias de los tipos entonces conocidos, como las de Nicholson, Carré y Holtz. Hizo sobre ésta última diversas modificaciones, logrando una máquina insensible a la variación de las condiciones atmosféricas; la máquina tomó desde entonces el nombre de “máquina



máquinas de inducción de relativamente alta potencia, como la de Toepler<sup>48</sup>, Holtz (1865)<sup>49</sup> o la de Voss (1880), todas ellas ostensiblemente mejorables, dadas sus inmutables inversiones de polaridad y por el gran aislamiento eléctrico requerido para su funcionamiento eficiente. El elegante diseño de la máquina de Wimshurst resolvió tales problemas, pues evitaba superficies inductoras fijas y entregaba altas tensiones casi sin variaciones en los colectores de carga. En un principio, la creación de Wimshurst no logró casi ninguna utilidad práctica, localizada históricamente en una época donde la investigación sobre electricidad buscaba sobre todo aplicaciones prácticas: iluminación eléctrica<sup>50, 51</sup>, motores eléctricos<sup>52</sup>,

---

de Holtz-Wimshurst". A ésta le siguió el desarrollo de una máquina múltiple del mismo tipo, con doce discos girando entre 24 placas rectangulares y con una pequeña máquina de fricción auxiliar para arrancarla. Wimshurst "bautizó" dicha máquina como "máquina duplex", aunque enseguida se generalizó para ella el nombre de "máquina de Wimshurst". Tenía ésta dos discos que giraban en direcciones opuestas, con sectores metálicos en las superficies externas de cada uno de ellos; la máquina superó a todos los generadores de electricidad estática entonces conocidos y era autoexcitable en cualquier condición atmosférica. Nunca fue sustancialmente mejorada y Wimshurst construyó más de noventa máquinas de inducción, muchas de las cuales presentó a sus amigos científicos. En 1891 Wimshurst describió una máquina que producía tensión alterna. Wimshurst patentó sus máquinas y mejoras, por lo que aún se pueden encontrar en algunos museos máquinas con su nombre. En 1896 Wimshurst observó que sus máquinas podían excitar los recientemente descubiertos "rayos Rontgen" (o rayos X) y demostró que para la observación directa en una tela fluorescente, método a la sazón muy empleado, donde una iluminación constante era deseable, la descarga constante de sus máquinas múltiples (de ocho discos) era preferible al efecto de las descargas intermitentes obtenidas con las bobinas de inducción habituales. Las máquinas de Wimshurst fueron asimismo empleadas en medicina, en la producción de descargas de corona para el tratamiento de enfermedades cutáneas. Wimshurst inventó también una bomba de vacío mejorada, mejoró un método para la comunicación de los barcos y faros e inventó un instrumento para verificar la estabilidad de los barcos. Wimshurst fue elegido F.R.S. en 1898. También fue miembro del *Institute of Electric and Engineers* en 1889, de la *Physical Society*, de la *Rontgen Society* y del *Institute of Naval Architects*. Asimismo fue miembro de la dirección del *Royal Institution*. Wimshurst murió en Clapham el 3 de enero de 1903. Wimshurst se había casado en 1864 con Clara Tubb, con quien tendría dos niños y una niña. Además de las propias descripciones de sus máquinas eléctricas, Wimshurst publicó el libro "*A Book of Rules for the Construction of Steam Vessels*" en 1898. (consultar ALLARD, E.: *Phares et balises au XIXème siècle*. Paris: Presses d'école nationale des ponts et chaussées D. L., 1995 y GUILLEMIN AMADÉE VICTOR: *El mundo físico*. Barcelona: Montoner y Simón, 1882. p. 88.)

<sup>47</sup> DARY, GEORGES. *A travers l'électricité*. Paris: Librairie Nony & Cie, 1900 (Op. Cit.), p. 4.

<sup>48</sup> GUILLEMIN AMADÉE VICTOR: *El mundo físico*. Barcelona: Montoner y Simón, 1882 (Op. Cit). p. 96-97.

<sup>49</sup> GUILLEMIN AMADÉE VICTOR: *El mundo físico*. Barcelona: Montoner y Simón, 1882 (Op. Cit). p. 94-95.

<sup>50</sup> CARVAJAL, EDUARDO, Ed.: *Manual de Luminotecnia*. Madrid: Asociación Española de Luminotecnia, 1931.

<sup>51</sup> DU, MONCEL, THEODOSE ACHILLE LOUIS: *L'éclairage électrique*. Paris: Librairie Machette, 1880.

<sup>52</sup> Entre los años 1836 y 1840 se idearon diversos tipos de motores eléctricos, pero todos tropezaban con el inconveniente de la generación de energía eléctrica necesaria para su funcionamiento. La principal contribución de estos inventos fue la de abrir camino a una máquina que funcionase a la inversa. Los motores transformaban la electricidad en movimiento y solo hacia falta conseguir la operación inversa, generar electricidad a partir del movimiento. Los primitivos motores eran parecidos a máquinas de vapor, con bobinas en lugar de pis-

telefonía o telegrafía. Se puede decir que la investigación eléctrica básica comenzó por la electrostática y se empleó profusamente las máquinas de fricción; aumentó luego el interés por las aplicaciones prácticas con las mismas, tras el descubrimiento de los rayos X en 1895, como fuentes de alta tensión para accionar los tubos de Crookes. La llegada de la electrificación generalizada impulsó el descubrimiento de fuentes de energía más fiables, con lo que las máquinas electrostáticas de disco, como la de Wimshurst, pasaron a ser meros dispositivos de demostración o de docencia. Hoy en día, los generadores electrostáticos mecánicos se emplean solamente en los aceleradores de partículas, como el generador de *Van de Graaff*, ideado en 1931 y algunas máquinas derivadas de éste. El generador rotativo, de forma semejante a los motores, sufrió muchos contratiempos antes de poder competir con la generación de electricidad químicamente (pilas). El rendimiento de los generadores mecánicos era muy bajo, pero la corriente que garantizaban era más constante y perduraba más tiempo, concretamente todo el que estaba funcionando la máquina. Las baterías y pilas funcionaban muy bien, pero tras un cierto tiempo, su potencial se menoscababa rápidamente, resultando su recarga complicada y molesta; además, eran poco útiles como pábulo de sistemas que precisaban corrientes de gran intensidad y larga duración.



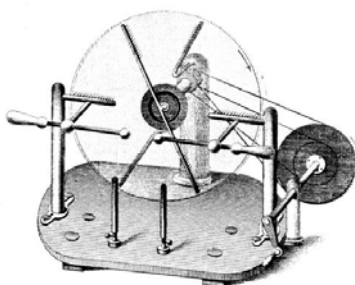
**Figura 6. James Wimshurst (1832-1903).**

Aunque ha quedado para la historia que la máquina de Wimshurst fue inventada por James Wimshurst (figura 6) en Inglaterra en 1883, es justo reconocer que otros equipos o

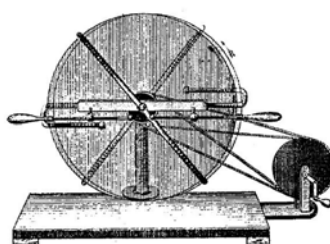
---

tones. No fue hasta el año 1865 que se construyeron los primeros motores rotatorios, parecidos a los que tenemos hoy en día.

sistemas instrumentales similares habían sido anteriormente estudiadas en Alemania conjuntamente por Holtz y Poggendorff en 1869<sup>53,54</sup> (figura 7) y por Musaeus en 1871<sup>55</sup> (figura 8). Además, una máquina de sectores de escaso rendimiento fue descrita por Holtz en 1876, instrumento que pronto llegó a ser la máquina electrostática más popular, gracias a su manejo y construcción relativamente sencillos. Sin embargo, en las últimas décadas del siglo XIX se difundieron otras máquinas semejantes, como la desarrollada por James Wimshurst y que también producían electricidad por inducción, al rotar dos o más discos en sentidos opuestos y que contenían láminas de estaño sobre ellos, incluyendo asimismo arcos metálicos y condensadores para favorecer el proceso, máquinas que con el tiempo evolucionaron para originar diversas variantes (figuras 9 y 10).



**Figura 7. Máquina de Holtz y Poggendorff.**

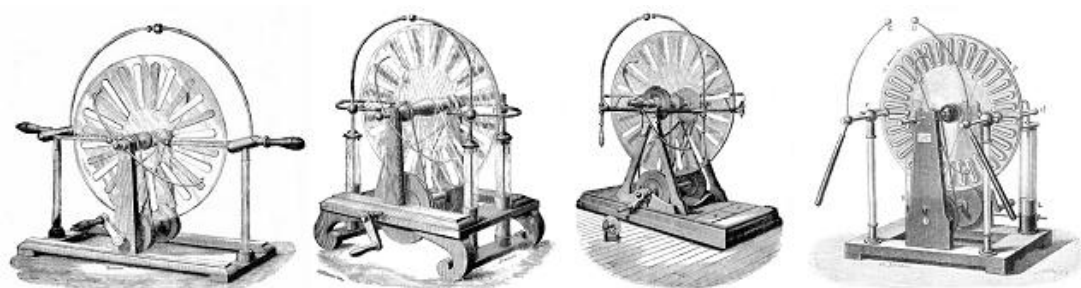


**Figura 8. Máquina de Musaeus.**

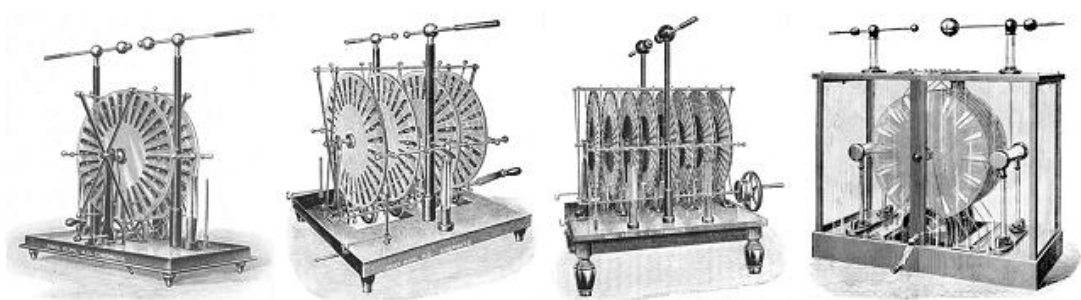
<sup>53</sup> POGGENDORFF, J. C.: "Zwei ältere Influenzmaschinen in neuer Gestalt," Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, CXXXVI, pp. 171-173, 1869.

<sup>54</sup> POGGENDORFF, J. C.: "Beitrag zur näheren Kenntniss der Elektromaschine zweiter Art" Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, CL, no. 9, pp. 1-30, 1873.

<sup>55</sup> MUSAEUS, W.: "Ueber eine neue Verbesserung der Holtz'schen Influenzmaschine mit entgegengesetzt rotirenden Scheiben, wodurch die doppelte Menge der Elektrizität erzeugt werden kann" Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, CXLIII, 1871, pp. 285-289.



**Figura 9. Máquinas de Wimshurst simples.**



**Figura 10. Máquinas de Wimshurst múltiples.**

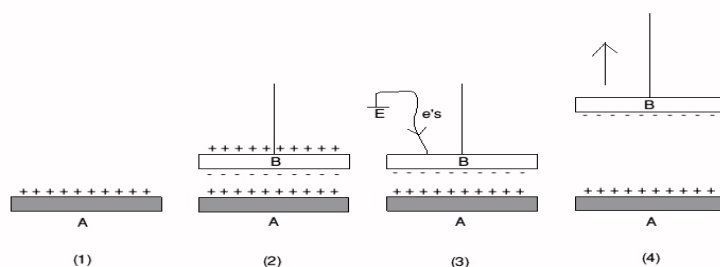
Máquina de Wimshurst [MFH sn] (figura 11). Foto número: 001. Este aparato fue fabricado por la casa *Max Kohl AG Chemnitz*. Son sus medidas: 46,8 cm de altura, 39,9 cm de ancho y 28,1 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son: madera, metal y vidrio. Su estado de conservación es bueno, con algunos sectores desgastados y necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.



**Figura 11. Máquina de Wimshurst [MFH sn].**

La parte central de esta máquina consiste en dos discos de ebonita, cortados y balanceados, que giran en sentidos opuestos sobre el mismo eje horizontal, soportado sobre dos columnas de madera, eje de latón sobre el cual giran libremente con muy poco rozamiento. Los discos se hallan encajados en sus soportes verticales de madera, fijados firmemente sobre la base de madera. Además, la máquina exhibe dos pequeñas poleas accionadas por las poleas mayores inferiores, montadas sobre otro eje inferior a los dos discos, apoyado en unos soportes verticales y accionadas por una manivela. Las hojas metálicas actúan alternativamente, durante un ciclo o giro, como objeto cargado y como carga inducida. El proceso de carga inductiva requiere que exista con anterioridad un objeto cargado; si la máquina arranca con ausencia total de carga, sería difícil establecer cómo se produce la inducción, de forma análoga a la de una cuchilla de afeitar apoyada en equilibrio sobre su fi-

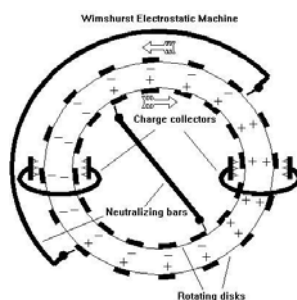
lo que, en teoría, no debería caer al estar perfectamente equilibrada y no existir una dirección privilegiada de caída en el espacio. Sin embargo cae, simplemente en virtud de que resulta imposible equilibrarla perfectamente. En la máquina de Wimshurst, el arranque y la generación de las cargas se originan meramente porque, en principio, la máquina no es perfectamente neutra. Evidentemente, es imposible saber qué polaridad tomará la electricidad generada una vez que la máquina arranque, como la hoja de afeitar podría caer en cualquier dirección. Por ello, esta máquina de Wimshurst incorporaba un minúsculo trozo de piel, capaz de ofrecer un mínimo de carga puntual, para que la máquina arranque con la misma polaridad cada vez. Una vez la máquina ha arrancado, se realizan cuatro funciones idénticas, dos en cada disco, pues tenemos cuatro electróforos, dos positivos y dos negativos (figura 12).



**Figura 12. Funcionamiento de una máquina de Wimshurst.**

El efecto de aproximación entre las secciones positivas y neutras de los discos en rotación, realiza el efecto de inducción del electróforo<sup>56</sup>, y los cepillos de carga de los brazos aislados, recogen la carga positiva para llevarla al terminal (figura 13).

<sup>56</sup> BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6<sup>a</sup> ed., París: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834. (Op. Cit.) p. 303.



**Figura 13. Funcionamiento de una máquina de Wimshurst.**

La producción de chispas brillantes con la máquina de Wimshurst requiere una corriente de gran intensidad, lograda almacenando la carga extraída de los discos en dos botellas de Leiden<sup>57, 58</sup>. Dos años más tarde, William Watson mediante un cable transmitió instantáneamente una carga eléctrica a una distancia de más de tres kilómetros, anticipando el hecho de poder utilizar este fenómeno para la comunicación instantánea<sup>59</sup>. En definitiva, la máquina de Wimshurst incluye dos botellas de Leiden; los terminales aislados de la máquina están conectados a los terminales de entrada de carga de las botellas.

Máquina magnetoeléctrica de Clarke<sup>60, 61</sup> [MFH 3808] (figura 14). Foto número: 101. Son sus medidas: 44,0 cm de altura, 29,0 cm de ancho y 33,0 cm de fondo. Los mate-

<sup>57</sup> BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6ª ed., París: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834. (Op. Cit.) p. 305. El dispositivo creado en 1745 cuando en la Universidad de Leiden se ideó un sistema para almacenar electricidad estática se llamaría “botella de Leiden” y más tarde sería el primer condensador. El ingenio se hizo popular y se utilizó para hacer demostraciones de las maravillas de la electricidad. La botella fue mejorada, pero mantuvo su estructura original. Durante muchos años fue objeto de experiencias y un ingenio fundamental para detectar el comportamiento de muchas otras experiencias sobre electricidad. En el año 1795 se publicó una historia de la electricidad en tres volúmenes que decía que con la botella de Leiden se iniciaba una nueva era de la electricidad y que era improbable que se pudiese esperar algo más de este fenómeno.

<sup>58</sup> TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998 (Op. Cit), p. 107.

<sup>59</sup> GAMOV, GEORGE. *The great physicists: from Galileo to Einstein*. New York: Dover Publications Ins., 1988.

<sup>60</sup> Clarke construyó también otros aparatos, de los cuales el más famoso fue la máquina magnetoeléctrica para electroterapia de 1895 (figura 15). Se trata de una máquina electroterapéutica portátil, inglesa, que llegó a ser muy popular a finales del siglo XIX. Empleaba un campo magnético producido por una magneto fija, lo cual permitía transformar energía mecánica en energía eléctrica, principio sustancialmente igual al sistema original

riales con los que este instrumento se halla construido son: madera de haya, madera de nogal, latón, hierro, vidrio, ebonita, seda. Presenta dos electromagnetos de diferente espesor. Su estado de conservación es bueno y gira bien. La máquina se halla montada sobre una plataforma de madera y consiste en una serie de barras de hierro en forma de herradura, recubiertas por metal (níquel-plata), altamente magnetizadas y fijadas verticalmente sobre una plataforma de madera mediante tornillos metálicos. Un rotor horizontal, proyectándose a través del circuito vertical, es accionado a mano, para así poder girar<sup>62</sup>. En su extremo, la máquina presenta un par de espiras de cobre recubiertas por seda, cuyos extremos se unen a dos cilindros de hierro opuestos. Al rotar, el disco acciona repetidamente los polos de las series de magnetos (opuestos)<sup>63</sup>. En el momento de la foto, la máquina se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Enseguida se constata que ambas máquinas de la colección, la máquina magnetoeléctrica de Clarke y la de Wimshurst, difieren del primer generador construido por Michael Faraday o “disco de Faraday”, aparato de una gran simplicidad, que producía corriente continua de forma directa y no cíclica<sup>64</sup>. El origen de la máquina electromagnética de Clarke partió del descubrimiento de la inducción electromagnética, realizada en 1831 por el físico inglés Michael Faraday y que enseguida logró aplicaciones prácticas, como la invención y creación de algunos generadores magnetoeléctricos capaces de transformar energía mecánica en energía eléctrica empleando magnetos permanentes. La primera de algunas máquinas similares fue la ideada por el fabricante parisino Hippolyte Pixii en 1832, a la cual siguió el del constructor americano Joseph Saxton (1833) y el modelo presentado por Edward Marmaduke Clarke (1806-1859), un constructor de origen irlandés afincado en Londres. La máquina de Clarke fue descrita por primera vez en oc-

---

de la famosa máquina electromagnética de Clarke, diseñada en 1836 por Edward Marmaduke Clarke. Se conectaban los dos cables metálicos y se tocaba a la persona para que a ésta pasase una cantidad considerable de electricidad. La máquina poseía un regulador para graduar la descarga sobre el paciente, que presentaba dolores de muelas, *tics* dolorosos, neuralgias, etc.

<sup>61</sup> En cuanto a los talleres Clarke, Edward (Marmaduke) Clarke constó registrado como óptico en Dublín en el periodo 1810-1821, en un taller sito en Lower Sackville Street, números 10 y 18 y luego, ya en el periodo 1823-1832, en Dame Street, número 83. Colaborador de Richard Spear 1815-1817, Edward Marmaduke Clarke, nació en 1806 y murió en 1859; casi siempre vivió en Irlanda, exceptuando una temporada, en la cual trabajó en los talleres londinenses Watkins & Hill

<sup>62</sup> GUILLEMIN AMADÉE VICTOR: *El mundo físico*. Barcelona: Montoner y Simón, 1882 (Op. Cit). p. 175.

<sup>63</sup> DARY, GEORGES. *A travers l'électricité*. Paris: Librairie Nony & Cie, 1900 (Op. Cit.), p. 23.

<sup>64</sup> GAMOV, GEORGE. *Biografía de la Física*. Madrid: Alianza Editorial, 1988. (Op. Cit) p. 161.



tubre de 1836 y enseguida tuvo éxito, llegando a ser muy popular en la época victoriana, así como en los laboratorios, fundamentalmente, superchería o no, por sus supuestas y proclamadas propiedades terapéuticas.



**Figura 14. Máquina magnetoeléctrica de Clarke [MFH 3808].**



**Figura 15. Máquina magnetoeléctrica para electroterapia de Clarke, de 1895.**

Recipiente para estudios de electrostática [MFH 1089] (figura 16). Foto número: 301. Posee una escala de medida (relativa) de 0 a 90. Son sus medidas: 13,5 cm de altura, 18,5 cm de ancho y 25,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son: madera, vidrio, fieltro, metal (latón) y, por último, un papel en su frontal con la citada escala escrita a plumilla. Su estado de conservación es bueno en términos generales, aunque no puede accionarse la palanca, que está atorada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento fue donado al Museo de la Farmacia Hispana por la cátedra de Técnica Física de la Facultad de Farmacia.



**Figura 16. Recipiente para estudios de electrostática [MFH 1089].**

Transformador eléctrico<sup>65</sup> <sup>66</sup>[MFH 3920] (figura 17). Foto número: 030. Posee escalas de medida de 65 a 150 V y de 65 a 160 V. Este aparato fue fabricado por la casa *Regi-*

<sup>65</sup> William Stanley, Jr. (figura 18) ideó una nueva y práctica espira de inducción que pronto llegó a ser el prototipo de los futuros transformadores y hizo realidad la transmisión de electricidad a todos los hogares.

<sup>66</sup> Por otra parte, el serbio americano Nikola Tesla (figura 19), inventor e investigador, fue quien desarrolló la teoría de campos rotantes, base de los generadores y motores polifásicos de corriente alterna. A Tesla se le

con. Son sus medidas: 27,0 cm de altura, 19,8 cm de ancho y 21,6 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, siendo su carcasa de cartón piedra y el visor de cristal. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.



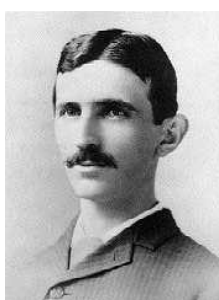
**Figura 17. Transformador eléctrico [MFH 3920].**

---

puede considerar, sin ninguna duda, como padre del sistema eléctrico que hoy en día disfrutamos y la física le honra con la unidad “Tesla”, unidad de medida de la densidad de flujo magnético. Algunas de sus patentes (más de 700) fueron: en 1888, un motor de inducción, la mejora de la dinamo, el método para convertir y distribuir corrientes eléctricas; en 1890, el motor de corriente alterna; en 1892, el sistema de transmisión de potencia; en 1894, el generador eléctrico; en 1896, el equipo para producir corrientes y tensiones de alta frecuencia y, sobre todo, en 1897 mejoró sustancialmente el transformador eléctrico. Los derechos de sus patentes sobre sus sistemas de corriente alterna, transformadores, motores y generadores, los vendió a George Westinghouse (1846-1914) fundador de Westinghouse Company, pionera en el desarrollo comercial de la corriente alterna (figura 20).



**Figura 18. William Stanley, Jr. (1858 -1916).**



**Figura 19. Nikola Tesla (1857-1943).**



**Figura 20. George Westinghouse (1846-1914).**

Elevador - reductor [MFH 3921] (figura 21). Foto número: 044. Posee tres indicadores de parámetros de uso: de capacidad, de 4000 W; de tensión, de 90/220 y de salida, de 125/220 V. Este aparato fue fabricado por la casa *Hicer*. Son sus medidas: 41,0 cm de altura, 28,0 cm de ancho y 32,0 cm de fondo. Los materiales con los que este se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno, aunque se halla parcialmente oxidado y requiere limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia

de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. El instrumento fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 1034457.



**Figura 21. Elevador - reductor [MFH 3921].**

Pulsador eléctrico para un arco voltaico [MFH sn] (figura 23). Foto número: 292. Son sus medidas: 4,2 cm de altura, 5,6 cm de ancho y 8,9 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno, estando muy poco oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El instrumento fue donado al Museo de la Farmacia Hispana por el farmacéutico D. José Úbeda. El pulsador (figura 22) accionaba una luz de arco (que había nacido el año 1809),

cuyo fundamento es muy sencillo, pero poco práctico. Davy, su inventor<sup>67, 68</sup>, había hecho también experiencias con metales calentados hasta la incandescencia. Incluso los había colocado, sin éxito, en botellas de vidrio en las que hacía vacío para evitar su combustión. Algunos años más tarde, en 1845, Starr y King fabricaron la primera lámpara con un filamento de carbón dentro de una botella de vidrio en la que también habían hecho vacío. Estas “bombillas” funcionaron durante una demostración patriótica en los EE.UU., pero uno de sus inventores murió prematuramente y el invento fue olvidado.



**Figura 22. Pulsador eléctrico o interruptor pulsante para un arco voltaico.**



**Figura 23. Pulsador eléctrico para un arco voltaico [MFH sn].**

---

<sup>67</sup> DARY, GEORGES. *A travers l'électricité*. Paris: Librairie Nony & Cie, 1900 (Op. Cit.), p. 127.

<sup>68</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 232.

Hay en la colección dos electroskopios, uno que corresponde a un electroskopo Elster y Geitel, inventariado como [MFH 4154] y otro, a un Fontantoskopio, inventariado como [MFH 4110]. El electroskopo es un dispositivo que detecta y mide la carga eléctrica de un objeto, pero el empleo de los electroskopios remitió ante el desarrollo de instrumentos electrónicos más precisos, aunque aún los electroskopios se utilizan en docencia. El electroskopo más sencillo está compuesto por dos conductores ligeros suspendidos sobre un contenedor de vidrio o, en general, sobre cualquier material aislante. Al igual que de la mayoría de instrumentos actuales, los hay analógicos, que muestran datos con una aguja, y digitales, más recientes y precisos. Los dos conductores del electroskopo se conectan a un tercer conductor, ubicado fuera del recipiente. Puesto que toda la materia es eléctricamente neutra, se puede intentar polarizar o separar sus cargas eléctricas ejerciendo una fuerza sobre ella; por ejemplo, cuando una barra de vidrio se frota con una bolsa de plástico, ambos cuerpos adquieren una carga eléctrica que se reparte equitativamente, con lo que la carga de un tipo se queda en el vidrio y la misma cantidad de carga eléctrica, pero de signo contrario se reparte en la bolsa de plástico<sup>69</sup>. Precisamente para detectar cargas electrostáticas es para lo que se utiliza el electroskopo, instrumento que consta de una barra metálica en cuyo extremo superior presenta una esfera, y en el inferior, dos pequeñas láminas conductoras o panes. El conjunto se encuentra dentro de una botella transparente para que el aire no afecte al movimiento de las láminas. Las hojas o panes del electroskopo se separan cuando hay una fuerza de repulsión entre las cargas eléctricas del mismo signo. Cuando la esfera metálica de su parte superior se pone en contacto con un conductor cargado, las delgadas hojas de metal, que suelen ser láminas de oro o de aluminio, adquieren el mismo potencial que el conductor. La carga en las hojas resulta proporcional a la diferencia de potencial entre ellas y la caja. La fuerza de repulsión existente entre las hojas, ya que sus cargas son idénticas, puede determinarse observando el valor de la desviación de las mismas en una escala. También es posible cargar un electroskopo mediante inducción, para detectar la presencia

---

<sup>69</sup> Los experimentos realizados por Charles F. Du Fay, Benjamin Franklin y Michael Faraday demostraron que sólo existen dos tipos de carga eléctrica: negativa y positiva. En efecto, en 1733 el francés François de Cisternay du Fay descubrió que dos esferas de corcho, frotadas con una varilla de resina, se repelían si se ponían en contacto una con otra. Pero, si se cargaban por separado y de diferente manera, una con una varilla de vidrio y la otra con una varilla de resina, se atraían en lugar de separarse. Se tenía el convencimiento de que la electricidad tenía una naturaleza fluida y dijo que había dos tipos: resinosa y vítrea.

de cargas y para determinar su signo. Cuando una barra con cargas negativas se acerca al electroscopio cargado negativamente, la barra repele electrones y las hojas se desvían menos; un electroscopio cargado, estando al aire libre perderá gradualmente su carga, ya que un pequeño número de moléculas se ionizan continuamente por la acción de rayos cósmicos y algunos de estos iones pueden tomar el exceso de carga del electroscopio. La rapidez de carga de un electroscopio es proporcional a la cantidad de radiación de fondo (radiactividad).

Electroscopio de alto voltaje de Elster y Geitel<sup>70</sup> [MFH 4154] (figura 24). Foto número: 077. Este aparato fue fabricado por la casa *D.R.G.M.* Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, con sus visores de vidrio. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. En él, el primario consta de unas pocas vueltas de un conductor grueso y el secundario consiste de un hilo delgado, arrollado sobre un cilindro aislante. Este aparato permitía obtener voltajes capaces de producir descargas en el aire<sup>71</sup>.

---

<sup>70</sup> Elster y Geitel comenzaron en 1882 una investigación sistemática de los procesos de ionización producidos por los metales incandescentes, en contenedores de vidrio en cuyo interior había una placa de platino porosa.

<sup>71</sup> Julius (Johann Phillipp Ludwig) Elster nació en algún lugar de Alemania el 24 de diciembre de 1854 y murió también en Alemania el 6 de abril de 1920. Junto a Hans Friedrich Geitel diseñó instrumentos que posibilitarían a Heinrich Hertz sus hallazgos, así como los trabajos de Johann Wilhelm Hittorf sobre la conducción eléctrica en los gases, utilizando altos voltajes y vacío, antecedentes del tubo de vacío. En los años inmediatamente posteriores al descubrimiento de la radioactividad, concretamente en 1896, encontramos a Elster y a Geitel como profesores de la Escuela de Wolfenbüttel. Fritz Giesel, profesor de la Escuela de Braunschweig los abrió los ojos al estudio de las propiedades de los entonces llamados “rayos Becquerel” que Antoine Henri Becquerel había descubierto; Elster y Geitel realizaron diversas publicaciones con las cuales se ganaron el reconocimiento internacional. Posiblemente el hallazgo individual de Julius Elster data de 1904-1905, al construir la primera célula fotoeléctrica con fines prácticos, base para la transmisión de fotografías a distancia; Elster y Geitel crearon asimismo el primer fotómetro. Elster y Geitel determinaron en 1899 los periodos de los radioelementos y qué sustancias radiactivas producían ionización, para causar conductividad en la atmósfera.





**Figura 24. Electroscopio Elster y Geitel [MFH 4154].**

Fontantoscopio [MFH 4110] (figura 25). Foto número: 081. Este aparato fue fabricado por la casa *Guntner & Tegetmeyer*, con sede en Hölenstrasse 12, ciudad de Braunschweig, Alemania. Exhibe el número de serie 2257. Son sus medidas: 64,0 cm de altura, 48,0 cm de ancho y 42,7 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos y su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 25. Elektroskop (fontantoscopio) [MFH 4110].**



## 2. INSTRUMENTOS DE MEDIDA ELÉCTRICA Y DISPOSICIONES ACCESORIAS

La importancia de los instrumentos eléctricos de medida, presente y a lo largo de la historia, es innegable y monumental<sup>72</sup>, pues miden e indican magnitudes eléctricas, como corriente, carga, potencial y energía, así como las características eléctricas de los circuitos, cuales son su resistencia, capacidad, capacitancia o inductancia. Localizan las causas de operaciones indebidas de los aparatos eléctricos, donde es imposible apreciar su funcionamiento de forma visual. La información que suministran los instrumentos de medida eléctrica se suele expresar en unidades eléctricas estándar (ohmios, voltios, amperios, culombios, henrios, faradios, vatios, julios, teslas), empleadas para medir cuantitativamente fenómenos electrostáticos y electromagnéticos<sup>73</sup> y se definen en el Sistema Internacional de unidades<sup>74</sup>, aunque en ocasiones se sigan utilizando unidades más antiguas. La unidad de intensidad de corriente en el Sistema Internacional de unidades es el amperio. La unidad de carga eléctrica es el culombio o cantidad de electricidad que pasa en un segundo por cualquier punto de un circuito por el que fluye una corriente de 1 amperio. El voltio es la unidad de diferencia de potencial en el Sistema Internacional y se define como la diferencia de

---

<sup>72</sup> WILLEM D. HACKMANN: *Museo di Storia della Scienza (Firenze). Catalogue of Pneumatical Magnetical and Electrical Instruments*. Firenze: Giunti imp., 1995.

<sup>73</sup> Los procedimientos de medida cuantitativos son aquellos realizados en un análisis químico, cuyo fin es determinar la cantidad o concentración de una muestra. Las dos cualidades fundamentales de una buena cuantificación son la exactitud (fidelidad de la medida respecto al valor real) y la precisión (repetición de un mismo resultado en idénticas condiciones). Otros aspectos secundarios son la linealidad (entre la señal del equipo y la concentración), la sensibilidad (respuesta a pequeñas cantidades), la selectividad (respuesta debida sólo al analito), la recuperación (pérdida de sustancia en su preparación, lavado, dilución o reacción) y la robustez (si le afectan las variaciones de condiciones externas, como el pH, la temperatura o la humedad).

<sup>74</sup> Las unidades también tienen las siguientes definiciones prácticas, empleadas para calibrar instrumentos: el amperio es la cantidad de electricidad que deposita 0,001118 gramos de plata por segundo en uno de los electrodos si se hace pasar a través de una solución de nitrato de plata; el voltio es la fuerza electromotriz necesaria para producir una corriente de 1 amperio a través de una resistencia de 1 ohmio, que a su vez se define como la resistencia eléctrica de una columna de mercurio de 106,3 cm de altura y 1 mm<sup>2</sup> de sección transversal a una temperatura de 0 °C. El voltio también se define a partir de una pila voltaica patrón, la denominada pila de Weston, con polos de amalgama de cadmio y sulfato de mercurio (I) y un electrolito de sulfato de cadmio. El voltio se define como 0,98203 veces el potencial de esta pila patrón a 20 °C.

potencial existente entre dos puntos cuando es necesario realizar un trabajo de 1 julio para mover una carga de 1 culombio de un punto a otro. La unidad de potencia eléctrica es el vatio, que representa la generación o consumo de 1 julio de energía eléctrica por segundo.

Todos los componentes de un circuito eléctrico exhiben en mayor o menor medida una cierta resistencia, capacidad e inductancia. La unidad de resistencia comúnmente usada es el ohmio, esto es, la resistencia de un conductor donde una diferencia de potencial de 1 voltio produce una corriente de 1 amperio. La capacidad de un condensador se mide en faradios: un condensador de 1 faradio tiene una diferencia de potencial entre sus placas de 1 voltio cuando éstas presentan una carga de 1 culombio. La unidad de inductancia es el henrio. Una bobina muestra una autoinductancia de 1 henrio cuando un cambio de 1 amperio / segundo en la corriente eléctrica que pasa por ella provoca una fuerza electromotriz opuesta de 1 voltio. Un transformador o dos circuitos magnéticamente acoplados, presentan una inductancia mutua de 1 henrio cuando un cambio de 1 amperio por segundo en la corriente del circuito primario induce una tensión de 1 voltio en el circuito secundario. Dado que todas las formas de la materia presentan una o más características eléctricas, es posible tomar medidas eléctricas de un número ilimitado de fuentes.

Por su propia naturaleza, es imposible medir los valores eléctricos por observación directa. Por ello se utilizan ciertas propiedades de la electricidad para producir una fuerza física susceptible de ser detectada y medida. La acción electromagnética entre corrientes, la fuerza entre cargas eléctricas y el calentamiento motivado por una resistencia conductora son algunos de los métodos utilizados para obtener medidas eléctricas analógicas. Para garantizar la uniformidad y la precisión de las medidas, los medidores eléctricos se calibran conforme a patrones de medida aceptados para una determinada unidad eléctrica, como el ohmio, el amperio, el voltio o el vatio, patrones que se basan en las definiciones de tales unidades, aceptadas en el ámbito internacional, y basadas en la masa, el tamaño del conductor y el tiempo. Las técnicas de medida que utilizan esas unidades básicas son precisas y reproducibles; por ejemplo, las medidas absolutas de amperios implican la utilización de una especie de balanza que mide la fuerza que se produce entre un conjunto de bobinas fijas

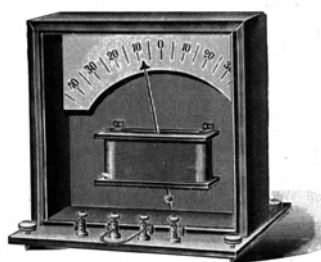
y una bobina móvil. Las medidas absolutas de intensidad de corriente y de diferencia de potencial tienen su aplicación principal en el laboratorio, mientras que en la mayoría de los casos se utilizan medidas relativas. Todos los medidores de corriente que se describen a continuación permiten hacer lecturas relativas:

*1. Galvanómetros* : Los galvanómetros son los instrumentos principales en la detección y medida de la corriente. Se basan en las interacciones entre una corriente eléctrica y un imán. El mecanismo del galvanómetro está diseñado de forma que un imán permanente o un electroimán produce un campo magnético, lo que genera una fuerza cuando hay un flujo de corriente en una bobina cercana al imán. El elemento móvil puede ser el imán o la bobina. La fuerza inclina el elemento móvil en un grado proporcional a la intensidad de la corriente. Este elemento móvil puede contar con un puntero o algún otro dispositivo que permita leer en un dial el grado de inclinación. El galvanómetro de inclinación de D'Arsonval utiliza un pequeño espejo anexo a una bobina móvil y que refleja un haz de luz hacia un dial situado a una distancia aproximada de un metro. Este sistema presenta menor inercia y fricción que el puntero, lo que le confiere una mayor precisión. El instrumento, debe su nombre al biólogo y físico francés Jacques D'Arsonval<sup>75</sup>, que también hizo algunos experimentos con el equivalente mecánico del calor y con la corriente oscilante de alta frecuencia y alto amperaje (corriente D'Arsonval), utilizada en el pasado en el “tratamiento eléctrico” de algunas enfermedades, como la artritis, tratamiento llamado *diatermia*, que consiste en calentar una parte del cuerpo haciendo pasar una corriente de alta frecuencia entre dos electrodos colocados sobre la piel. Cuando se añade al galvanómetro una escala graduada y una calibración adecuada, se obtiene un amperímetro, instrumento que lee la corriente eléctrica en amperios (figura 26). D'Arsonval fue, por tanto, el responsable de la invención del amperímetro de corriente continua. Como sólo puede pasar una cantidad pequeña de corriente por el fino hilo de la bobina de un galvanómetro, cuando se desea medir corrientes mayores, se acopla una derivación de baja resistencia a los terminales del medidor y la mayoría de la corriente pasa por la resistencia de la derivación, pero la pequeña cantidad que fluye

---

<sup>75</sup> GAMOV, GEORGE. *The great physicists: from Galileo to Einstein*. New York: Dover Publications Ins., 1988 (Op. Cit.).

por el medidor continúa siendo proporcional a la corriente total. Utilizando esa proporcionalidad, el galvanómetro se emplea para medir corrientes de varios cientos de amperios. Los galvanómetros adquieren denominaciones distintas según la magnitud de la corriente que pueden medir. Tanto los descubrimientos de Galvani como los de Volta, que vinculaban el mundo animal con el físico, generaron expectativas desmesuradas sobre curaciones milagrosas, con excesivo optimismo, sobre todo en la terapéutica. Realmente, se tuvo éxito en la estimulación eléctrica de casos de parálisis muscular. Entre quienes utilizaron la electroterapia galvánica, encontramos a Behrends, Keim y Sömmerring; incluso el político y médico Marat llegó a especular sobre el brillante porvenir de los tratamientos eléctricos. Por otro lado, el mesmerismo llegó a tener un cierto éxito, a pesar del misoneísmo de algunos, pues todas estas novedades científicas se habían convertido en populares. El nombre de Galvani está presente en un buen número de términos científicos, entre los que podemos destacar<sup>76</sup>: *galvanismo* (electricidad galvánica o de corriente continua derivada, por ejemplo, de una batería química); *galvanización* (aplicación de la electricidad galvánica para el diagnóstico o tratamiento de las enfermedades); *galvanocauterio* (cauterio formado por un alambre por el que pasa la corriente galvánica que lo pone candente); *galvanocirugía* (empleo quirúrgico del galvanismo); *galvanocontractilidad* (contractilidad en respuesta a un estímulo galvánico); *galvanómetro* (aparato o instrumento para descubrir la existencia de una corriente eléctrica y determinar su dirección e intensidad); *galvanoscopio* (examen diagnóstico por medio del galvanismo) o *galvanoterapia* (empleo terapéutico del galvanismo).



**Figura 26. El amperímetro es un galvanómetro con escala calibrada, que lee la corriente eléctrica en amperios.**

<sup>76</sup> BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6<sup>a</sup> ed., Paris: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834. (Op. Cit.) p. 294.

2. *Microamperímetros*: un microamperímetro está calibrado en millonésimas de amperio y un miliamperímetro en milésimas de amperio. Los galvanómetros convencionales no pueden utilizarse para medir corrientes alternas, pues las oscilaciones de la corriente producirían una inclinación en ambas direcciones alternantes.

3. *Electrodinamómetros*: esta variante del galvanómetro se utiliza para medir corrientes alternas mediante una inclinación electromagnética. Contiene una bobina fija situada en serie con una bobina móvil, en lugar del imán permanente del galvanómetro. Dado que la corriente de la bobina fija y de la móvil se invierte en el mismo momento, la inclinación de la bobina móvil tiene lugar siempre en el mismo sentido, produciéndose una medida constante de la corriente. Los medidores de este tipo sirven también para medir corrientes continuas.

4. *Medidores de aleta de hierro*: dispositivo que utiliza dos aletas de hierro dulce, una fija y otra móvil, colocadas entre los polos de una bobina cilíndrica y larga por la que pasa la corriente que se desea medir. La corriente induce una fuerza magnética en las dos aletas, provocando la misma inclinación, con independencia de la dirección de la corriente. La cantidad de corriente se determina midiendo el grado de inclinación de la aleta móvil.

5. *Medidores de termopar*: para medir corrientes alternas de alta frecuencia se utilizan medidores que dependen del efecto calorífico de la corriente. En los medidores de termopar se hace pasar la corriente por un hilo fino que calienta la unión del termopar. La electricidad generada por el termopar se mide con un galvanómetro convencional. En los medidores de hilo incandescente la corriente pasa por un hilo fino que se calienta y se estira. El hilo está unido mecánicamente a un puntero móvil que se desplaza por una escala calibrada con valores de corriente.

5. *Medidores de diferencia de potencial o voltímetros*. El instrumento más utilizado para medir la diferencia de potencial o voltaje, es un galvanómetro que cuenta con una gran resistencia unida a la bobina. Cuando se conecta un medidor de este tipo a una batería o a dos puntos de un circuito eléctrico con diferentes potenciales, circula una cantidad reducida de



corriente, circunferente por la resistencia en serie, a través del medidor. La corriente es proporcional al voltaje, que puede medirse si el galvanómetro ha sido calibrado previamente para ello. Cuando se emplean resistencias adecuadas en serie, un galvanómetro puede medir niveles muy distintos de voltajes. El instrumento más preciso para medir el voltaje, la resistencia o la corriente continua es el potenciómetro, que indica una fuerza electromotriz no valorada al compararla con un valor conocido. Para medir voltajes de corriente alterna se utilizan medidores con una elevada resistencia interior, o medidores similares con una fuerte resistencia en serie. Los demás métodos de medida del voltaje utilizan tubos de vacío y circuitos electrónicos y resultan muy útiles para llevar a cabo medidas a altas frecuencias. Un dispositivo de este tipo es el voltímetro de tubo de vacío, en cuya forma más simple se rectifica una corriente alterna en un tubo de diodo y se mide la corriente rectificada con un galvanómetro convencional<sup>77</sup>. Otros voltímetros de este tipo utilizan las características amplificadoras de los tubos de vacío para medir voltajes muy pequeños. El osciloscopio de rayos catódicos se usa también para realizar medidas de voltaje, ya que la inclinación del haz de electrones es proporcional al voltaje aplicado a las placas o electrodos del tubo.

6. *Puente de Wheatstone*. Asimismo existen otros tipos de medidas y medidores, como el puente de Wheatstone y el vatímetro. Citaremos también en último lugar los contadores de servicio. Las medidas más precisas de la resistencia se obtienen con un circuito llamado puente de Wheatstone<sup>78</sup>, en honor del físico británico Charles Wheatstone<sup>79</sup>. Este circuito consiste en tres resistencias conocidas y una resistencia desconocida, conectadas entre sí en forma de diamante. Se aplica una corriente continua a través de dos puntos opuestos del diamante y se conecta un galvanómetro a los otros dos puntos. Cuando todas las resistencias se nivelan, las corrientes que fluyen por los dos brazos del circuito se igualan, lo que elimina el flujo de corriente por el galvanómetro. Variando el valor de una de las resistencias conocidas, el puente puede ajustarse a cualquier valor de la resistencia desconocida, que se

---

<sup>77</sup> JAMIN, M.: *Cours de Physique de l'école polytechnique*, 4ª ed. Paris: Gautiers-Villars, imprimeur-librairie, 1886. (Op. Cit.), p. 13.

<sup>78</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores: *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 226.

<sup>79</sup> GAMOV, GEORGE: *The great physicists: from Galileo to Einstein*. New York: Dover Publications Ins., 1988 (Op. Cit.).

calcula a partir los valores de las otras resistencias. Se utilizan puentes de este tipo para medir la inductancia y la capacitancia de los componentes de circuitos. Para ello se sustituyen las resistencias por inductancias y capacitancias conocidas. Los puentes de este tipo suelen denominarse puentes de corriente alterna, porque se utilizan fuentes de corriente alterna en lugar de corriente continua. A menudo los puentes se nivelan con un timbre en lugar de un galvanómetro, que cuando el puente no está nivelado, emite un sonido que corresponde a la frecuencia de la fuente de corriente alterna; cuando se ha nivelado, permanece en silencio.

7. *Vatímetro*. Por otra parte, la potencia consumida por cualquiera de las partes de un circuito se mide con un vatímetro, un instrumento parecido al electrodinamómetro y que dispone su bobina fija de modo que toda la corriente del circuito la atraviesa, mientras que la bobina móvil se conecta en serie con una resistencia grande y sólo deja pasar una parte proporcional del voltaje de la fuente. La inclinación resultante de la bobina móvil depende tanto de la corriente como del voltaje y puede calibrarse directamente en vatios, ya que la potencia es el producto del voltaje y la corriente. Un vatímetro difiere de un medidor de vatios por hora, también llamado “contador de servicio”, un dispositivo capaz de medir la energía total consumida en un circuito eléctrico doméstico y que es parecido al vatímetro, pero se diferencia de éste en que la bobina móvil se reemplaza por un rotor. El rotor, controlado por un regulador magnético, gira a una velocidad proporcional a la cantidad de potencia consumida. El eje del rotor está conectado con engranajes a un conjunto de indicadores que registran el consumo total.

Amperímetro o aparato de Ampère<sup>80</sup> [MFH 4212] (figura 27). Foto número: 035. Posee escalas de medida, de 100  $\mu$ A, 850 ohmios, en una escala relativa de 0 a 100. Este

---

<sup>80</sup> André Marie Ampère (figura 28) nació el 20 de enero de 1775, en Lyon, Francia y murió el 10 de junio de 1836, en Marsella, Francia. Ya a los doce años, dominaba toda la matemática que se había logrado desarrollar hasta esa época. En 1801, cuando contaba 26 años, fue nombrado profesor de física y química en el Instituto de Bourg y en 1809, profesor de matemáticas en la Escuela Politécnica de París. En sus trabajos experimenta-

aparato fue fabricado por la casa *F. Hellige*, en la ciudad de Freiburg, Alemania. Exhibe el número de serie 1167034 y son sus medidas: 15,5 cm de altura, 40 cm de ancho y 13,4 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, con el visor de vidrio. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. El amperímetro permite medir la intensidad de la corriente eléctrica<sup>81</sup>, presentando directamente sobre su escala calibrada las unidades denominadas amperios o bien fracciones de los mismos<sup>82</sup>. Existen amperímetros de bobina móvil y de hierro móvil. Los amperímetros de bobina móvil están formados, como su mismo nombre indica, por una bobina circular de hilo conductor sita sobre un pivote colocado sobre el centro de la misma, de forma que puede girar sobre él; todo el conjunto se halla dentro del campo magnético de un imán fijo y al circular una corriente eléctrica por la bobina, en ella se crea una fuerza magnética, de forma que se produce una atracción o una repulsión respecto al imán, y la bobina gira sobre el pivote. El movimiento de la bobina está controlado por unos resortes que sirven también para la entrada y salida de la corriente a través de ellos. Un amperímetro de bobina móvil puede usarse solamente con corriente continua, ya que la corriente alterna haría mover la bobina

---

les, Ampère era poco metódico, pero sí intuitivamente brillante. Eso le hizo insistir en el descubrimiento del físico danés Hans Christian Oersted de 1820, cuando vio que una aguja magnética se desvía cuando se encuentra cercana a un cable conductor de corriente, fenómeno que establece la relación que existe entre la electricidad y el magnetismo. Ampère, al conocer el descubrimiento de Oersted, elaboró en pocas semanas un completo trabajo matemático donde expuso una completa teoría del fenómeno y formuló una ley sobre el electromagnetismo (que hoy conocemos como “ley de Ampère”), donde describe matemáticamente la fuerza magnética interactuando entre dos corrientes eléctricas. Ampère, también es reconocido como matemático, filósofo y poeta. Su vida personal contrastó con su carrera jalonada por éxitos científicos. Su padre Jean-Jacques, notario público y juez de paz, murió ejecutado bajo la guillotina de la Revolución Francesa; su esposa falleció joven, a causa de una implacable enfermedad, y su segundo matrimonio resultó un infierno y fuente de amargura. *Tandem felix* (por fin feliz) se puede leer en la lápida de este atormentado genio espíritu universal. André Marie Ampère, fue el fundador de la rama de la física que reconocemos como electrodinámica y el primero en usar el vocablo corriente para identificar a la electricidad y nos lega los medios para medirla: el ampere y el ammeter. Su muerte tuvo lugar en la ciudad francesa de Marsella en 1836, dejando inconcluso su último libro “Ensayo sobre la Filosofía de las Ciencias”.

<sup>81</sup> Su utilización es muy amplia ya que con independencia de su propia aplicación directa de medida, también se emplea como base para la construcción de otros instrumentos, como voltímetros, óhmetros, etc. Su funcionamiento está basado en uno de los principios fundamentales del electromagnetismo que en su forma más simple nos indica que cualquier corriente eléctrica pasa por un hilo conductor produce un campo magnético alrededor del mismo (similar al campo magnético de un imán), cuya fuerza depende de la intensidad de la corriente que circule.

<sup>82</sup> BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6ª ed., París: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834. (Op. Cit.) p. 319.

rápidamente en ambos sentidos. Respecto a los amperímetros de hierro móvil, también están formados por una bobina por la que circula la corriente que produce el campo magnético, pero, en este caso, la bobina es fija y no hay imán fijo que cause su giro; en su lugar, se fija un trozo de hierro a la bobina y otro a una aguja móvil sobre un pivote y, cuando circula la corriente por la bobina, ambos trozos de hierro se transforman en imanes por el efecto magnético de la corriente y se repelen mutuamente, sin tener en cuenta el sentido de dicha corriente y empleándose entonces un resorte para controlar el movimiento de la aguja. La magnitud de la fuerza de repulsión y, por consiguiente, la amplitud del movimiento de la aguja, depende de la cantidad de corriente que circula por la bobina. En este modelo de amperímetro no importa el sentido de la corriente que circula y, por ello, puede utilizarse para corriente continua y alterna indistintamente.



**Figura 27. Amperímetro o aparato de Ampère [MFH 4212].**



**Figura 28. André Marie Ampère (1775-1836).**

Amperímetro o aparato de Ampère [MFH sn] (figura 29). Foto número: 411. Posee escalas de medida, de 0 a 120 A, con sensibilidad de  $\pm 20 \text{ A}$ <sup>83</sup>. Este aparato fue fabricado por la casa *Dr. Bender & Dr. Hobein*, en la ciudad de Munich, Alemania, aunque también dicha casa poseía otra fábrica en Zurich, Suiza. Exhibe el número de serie 32886 y fue distribuido por la casa *M. Álvarez, material científico*, casa de distribución sita en la calle Mayor, número 76 de Madrid, España<sup>84</sup>. Son sus medidas: 34,8 cm de altura, 31,9 cm de ancho y 18,7 cm de fondo. En cuanto a los materiales con los que este instrumento se halla construido, observamos que su carcasa es de madera, el visor de cristal y la maquinaria, metálica. Su estado de conservación es bueno y posiblemente funciona; lo único que hemos podido constatar es que su aguja sí se mueve. En el momento de la foto, se encontraba en la Cá-

<sup>83</sup> La sensibilidad de un instrumento se determina por la intensidad de corriente necesaria para producir una desviación completa de la aguja indicadora a través de la escala. El grado de sensibilidad se expresa de dos maneras, según se trate de un amperímetro o de un voltímetro, pero en el caso del amperímetro, la sensibilidad del instrumento se indica por el número de amperios, miliamperios o microamperios que deben fluir por la bobina para producir una desviación completa. Así, un instrumento que tiene una sensibilidad de 1 miliamperio, requiere un miliamperio para producir dicha desviación, etcétera.

<sup>84</sup> La casa distribuidora Casa Álvarez, Material Científico, popularmente conocida como Casa Álvarez, era una pequeña empresa que, un poco como divertimento, había fundado Alberto Álvarez, jefe de bedeles de la Universidad Central de Madrid hacia 1910. La empresa continua, con todo, en la misma privilegiada y céntrica ubicación madrileña de la calle Mayor 75, esquina a la Plaza de la Villa. Su dueño es Alberto Álvarez, de sesenta años, nieto del fundador, de quien nos consta que pierde dinero manteniendo el establecimiento abierto, anualmente del orden de 150.000 euros o más, establecimiento que continua la venta de microscopios de firmas de segunda fila. Atrás quedan, pues, para la Casa Álvarez, los momentos de esplendor, fundamentalmente traídos de la mano de la distribución de Leitz y también fundamentalmente terminados con la cancelación del contrato de distribución de esta firma alemana por la Casa Álvarez, al pasar en 1986 a otra empresa ya citada con anterioridad, la firma catalana Izasa. La distribución de la microscopía de Leitz, que para entonces se había fusionado con otra firma alemana, Wild, y se denominaba Wild-Leitz, duró poco tiempo en Izasa, por ser sus filosofías opuestas. Wild-Leitz se estableció en España como oficina subsidiaria, directa, en 1988 y en la actualidad se denomina *Leica*, nombre más popular y, como puede leerse en estas páginas, derivado del nombre de la primera cámara de 35 mm construida en la fábrica de Ernst Leitz de Wetzlar.

tedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.



**Figura 29. Amperímetro o aparato de Ampère [MFH sn].**

Amperímetro o aparato de Ampère [MFH sn] (figura 30). Foto número: 412. Posee escalas de medida, de 0 a 10 A, con una sensibilidad o, más propiamente, una discriminación de  $\pm 1$  A. Este aparato fue fabricado por la casa *Dr. Bender & Dr. Hobein*, en la ciudad de Munich, Alemania, aunque también dicha casa poseía otra fábrica en Zurich, Suiza. Exhibe el número de serie 32885 y también fue distribuido por la casa *M. Álvarez, material científico*, casa de distribución sita en la calle Mayor, número 76 de Madrid, España. Son sus medidas: 34,8 cm de altura, 31,9 cm de ancho y 18,7 cm de fondo. Respecto a los materiales con los que este instrumento se halla construido, observamos que su carcasa es de

madera, el visor de cristal y su maquinaria, metálica. Su estado de conservación es bastante bueno y posiblemente funciona; sin asegurarlo rotundamente, sólo vemos que su aguja sí se mueve. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10. Este instrumento procede de la cátedra y Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 30. Amperímetro o aparato de Ampère [MFH sn].**

Mavómetro para medidas de intensidad eléctrica (amperímetro) [MFH sn] (figura 31). Foto número: 266. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, con el visor de vidrio. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 31. Mavómetro (amperímetro) [MFH sn].**

En la colección hay cuatro carretes de Ruhmkorff, bobinas de inducción, los cuatro en muy buen estado. Generalizando, la bobina de inducción pertenece al tipo de aparatos que producen corrientes inducidas de gran intensidad y básicamente consiste en un arrollamiento o “*helix*” de hilo conductor de cobre, rodeado de otro hilo más fino, donde se induce una corriente instantáneamente. Cuando una corriente, por ejemplo procedente de una batería voltaica, pasa a través de la espira interna, el carrete sufre una alteración (figuras 35 y 36). La espira interna tiene un núcleo de hierro y sus terminales se conectan a un condensador. La bobina de inducción también recibía el nombre de “*inductorium*” y su variante más



conocida fue el “carrete de Ruhmkorff”<sup>85</sup>, popular instrumento del siglo XIX, nombrado así en honor su creador, el fabricante de instrumentos Heinrich Daniel Ruhmkorff (1803-1877)<sup>86</sup>, aunque, en realidad, como ocurre en otros casos, los carretes de inducción fueron contruidos gracias a las aportaciones de un muchos otros autores, ya fuesen científicos, constructores, inventores o ingenieros<sup>87</sup>.



**Figura 32. Pequeña bobina de inducción de laboratorio.**



**Figura 33. Espira central para investigación, de 1900.**

En la figura 34 apreciamos cómo una bobina de inducción funciona básicamente como un timbre: El interruptor (C) se encuentra en serie con una batería y una espira. Los contactos están inicialmente cerrados. Cuando se aplica la corriente eléctrica, la espira se

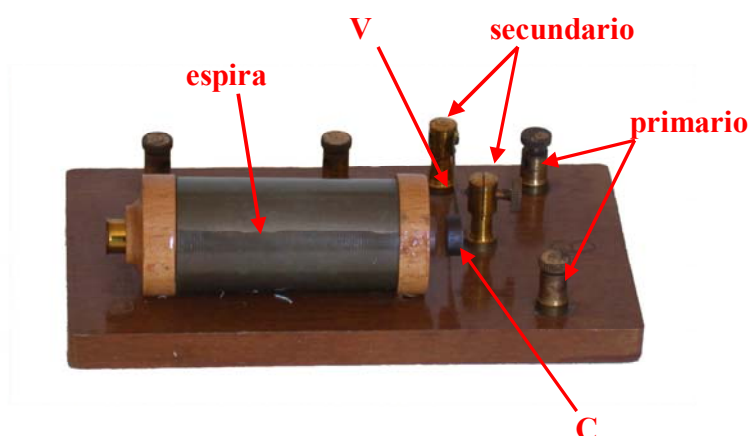
---

<sup>85</sup> En realidad la bobina de inducción fue inventada por Michael Faraday (1791-1867) en 1831. Las bobinas de inducción se usaron bastante en experimentos eléctricos durante la última mitad del siglo XIX y tuvieron mucho que ver con el desarrollo de la radio en la década 1890-1900.

<sup>86</sup> Ruhmkorff se interesó por estos instrumentos a mediados del siglo XIX e introdujo varias mejoras en los dispositivos existentes hasta entonces: incrementó la longitud del alambre, separó los carretes primario y secundario mediante un tubo aislante de vidrio y, siguiendo los consejos del físico Armand Fizeau, colocó un condensador entre los contactos del interruptor, lo que permitía reducir considerablemente las chispas producidas al conectar el carrete a una pila eléctrica y mejorar los resultados. La parte principal del instrumento eran los dos alambres enrollados en la parte central, uno grueso (entre 2 y 2,5 mm) y otro fino (de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{3}$  de mm), aislados mediante un recubrimiento adecuado.

<sup>87</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989.

activa y produce un campo magnético en la espira. El brazo de contacto magnético (V) se lleva entonces hacia la espira, abriéndose el contacto mediante el interruptor, con lo cual se cierra el circuito. El subsiguiente campo magnético se mantiene constante, se cierra el contacto y se repite otra vez el ciclo entero. El incremento y disminución del campo magnético en la espira primaria induce un alto voltaje en la espira secundaria.

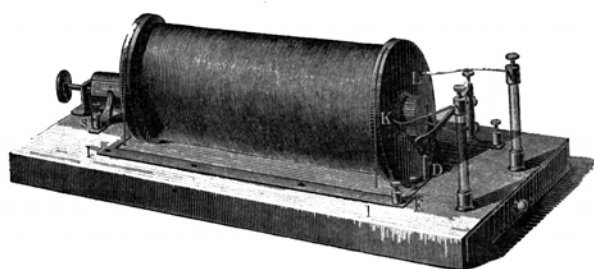


**Figura 34. Esquema de los componentes de un carrete de Ruhmkorff.**

Dicha bobina de inducción específica o “carrete de Ruhmkorff”, fue utilizada en los primeros transmisores de radio<sup>88</sup>. La bobina o carrete de Ruhmkorff (figura 35) presentaba

<sup>88</sup> Para establecer los antecedentes de la bobina de inducción y, por tanto, del carrete de Ruhmkorff, es preciso apuntar que la existencia de las ondas electromagnéticas fue demostrada matemáticamente por primera vez, en 1873, por el escocés Clerk Maxwell, quién las definió como análogas a la luz. Sólo noventa años después se descubrirían experimentalmente, abriéndose campo a su utilización, descubrimiento debido al físico alemán Heinrich Hertz, nacido en 1857, quién durante cuatro años se dedicó a verificar la teoría de Maxwell de que ondas más largas que las de la luz podrían producir efectos electromagnéticos. Hertz partía de la suposición básica de que si se producía una descarga eléctrica entre dos terminales altamente potentes, el éter lograría reflejar esos impulsos. Tras los cuatro años que duró tal investigación, finalmente, en 1886, Hertz anunciaba que había logrado transmitir señales de un cuarto a otro, en su propio laboratorio de la Universidad de Karlsruhe; habían sido descubiertas las ondas electromagnéticas, conocidas definitivamente como “ondas hertzianas”, piedra angular de la telegrafía sin hilos. Por su carácter eminentemente científico, Hertz pasó por alto las posibilidades pragmáticas de su gran descubrimiento, pero por otros científicos posteriores sí lo hicieron, como Marconi. Por otra parte, los elementos de este invento eran muy simples: bastaba utilizar un emisor

como innovación que, sobre un núcleo cilíndrico de hierro dulce, se enrollaba un hilo grueso con varios cientos de espiras, llamado “enrollamiento primario”. Sobre esta primera bobina se enrolla asimismo un gran número (varios miles) de espiras de hilo fino o “enrollamiento secundario”. Si se establece una corriente en el primario mediante una pila de 4,5 Voltios, aparece en el momento de la interrupción del circuito una fuerte tensión en los bornes del secundario de la bobina y la corriente de inducción genera una fuerza electromotriz de alta intensidad. El aparato así construido se llama genéricamente “bobina de inducción”<sup>89</sup> (figuras 35 y 36). Ruhmkorff modificó de forma perfectible la bobina de inducción añadiéndole un “interruptor de martillo” o “interruptor De La Rive”. Un pequeño condensador estaba montado en los bornes del interruptor, condensador llamado “condensador de Fizeau”.



**Figura 35. Carrete de Ruhmkorff.**

---

apropiado y un receptor con arco de latón. El emisor apropiado para Hertz fue el carrete o bobina de Ruhmkorff, creación del físico alemán Heinrich Ruhmkorff, que permitía, por medio de interrupciones muy rápidas, desarrollar una corriente continua primaria de alta tensión en un hilo secundario muy fino. Posteriormente, en 1890 el físico francés nacido en 1846 Edouard Branly inventaba el “cohesor”, pequeño tubo de vidrio lleno de limaduras de plata, que se utilizaría como detector para señales inalámbricas. En honor a la exactitud histórica, este tubo había sido descubierto ya en 1884 por el italiano Temístocles Calzecchi-Onesti, pero la invención se desconocía en Francia. De esta forma se allanaba el camino hacia la telegrafía sin hilos.

<sup>89</sup> El alambre más grueso se encontraba arrollado en torno a un cilindro que formaba el núcleo del carrete. El conjunto se cerraba con una capa aislante cilíndrica sobre la que se arrollaba el segundo alambre, más delgado, y de una longitud mucho más grande. Para hacer funcionar el instrumento, se hacía pasar una corriente eléctrica a través del alambre grueso que, de este modo, producía una corriente inducida en el alambre más fino. El fenómeno de inducción se producía con la variación de la corriente, por lo que era necesario producir el cierre y la apertura de la corriente mediante un interruptor que inicialmente fue de martillo y, más adelante, fue sustituido por otro de mercurio, desarrollado por el físico Léon Foucault.

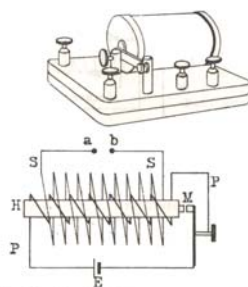


Fig. 26.—Carrete de RUHMKORFF. E, batería; M, interruptor; P, primario; S, secundario; H. Núcleo de hierro dulce.

### Figura 36. Esquema externo e interno de un carrete de Ruhmkorff.

El condensador estaba generalmente constituido por láminas de estaño o de aluminio, situadas en torno a la bobina<sup>90</sup>. El diseño original de Ruhmkorff poseía un arrollamiento de más de más de 30 centímetros de longitud u fue utilizado, en primera instancia, como se ha dicho, como uno de los primeros transmisores de radio, junto a otros dispositivos<sup>91</sup>.

<sup>90</sup> El creador de la bobina o carrete de Ruhmkorff fue el mecánico alemán Heinrich Daniel Ruhmkorff (figuras 37 y 40), nacido el 15 de enero de 1803 en Hannover (Alemania) y muerto el 20 de diciembre de 1877 en París. Tras ser aprendiz de un mecánico alemán desconocido, Ruhmkorff marchó a trabajar a Inglaterra con Joseph Brahmah, inventor de la prensa hidráulica. Luego, Ruhmkorff marchó a París, donde trabajó, entre otros talleres, en el de M. Chevalier. En 1855 Ruhmkorff abrió su propio taller (y tienda) en París, y pronto fue conocido por la gran calidad de sus aparatos eléctricos y creaciones. Ruhmkorff construyó sobre todo instrumentos electromagnéticos, galvanómetros y aparatos de inducción, todos con gran perfección. En 1851, imaginó producir corrientes de inducción dentro de una bobina de grandes dimensiones (“bobina de Ruhmkorff”), dispositivo por el que se hizo más famoso aún y por el que hoy le conocemos. Sus creaciones se exhibieron en la Exposición Universal de 1855, donde le valieron la Cruz de la Legión de Honor. Fabricó numerosas bobinas de inducción (figura 38); su creación de 1851 fue premiada con 50.000 francos franceses en 1858 por el Emperador Napoleón III como el descubrimiento más importante en la aplicación de la electricidad; en el concurso de 1864, su aparato de inducción perfeccionado le hizo ganar el primer premio. Famoso, Ruhmkorff murió en 1877 a la edad de 74 años tras haber publicado el tratado *“Electricité. Notice sur l'appareil d'induction produisant de l'électricité statique”* (París: Walder, 1872), libro que contenía extractos de artículos que Ruhmkorff había escrito en el periódico *Les Mondes*.

<sup>91</sup> El carrete de Ruhmkorff podía ser empleado para realizar “fotografías a través de los cuerpos opacos”. Las elevadas diferencias de potencial producidas podían ser aplicadas sobre los extremos de un tubo de Crookes para provocar la emisión de unos rayos que, por su carácter desconocido, fueron denominados “rayos X”.



**Figura 37. Heinrich Daniel Ruhmkorff (1803-1877), grabado a carboncillo.**

La “alta tensión” producida en el secundario podía ser de varios miles de voltios. A partir de una pila de bolsillo, se podía causar una chispa de varios milímetros de longitud; por ejemplo, una chispa de 15 a 16 mm de longitud corresponde a una tensión de unos 20.000V. Ruhmkorff mejoró las anteriores espiras de Callan, basándose en las investigaciones realizadas por los constructores parisinos Masson y Breguet en 1842<sup>92</sup>. El diseño que hoy conocemos como “carrete de Ruhmkorff”, produce chispas de hasta 30 centímetros de longitud y la corriente de alto voltaje producida por él se utilizó en los primeros tubos de Geissler<sup>93</sup> y de Crookes.



**Figura 38. Una de las primeras bobinas de inducción de 1850.**

La primera patente de la bobina de Ruhmkorff data de 1851, aparato que mostraba ciertas similitudes, pero también algunas novedades respecto a otras bobinas anteriores (fi-

<sup>92</sup> Breguet, Emmanuel. *Un horloger en pleine révolution*. Revista “La Revue”, Mars 1997, p. 36-44.

<sup>93</sup> TURNER, GERARD L’ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998 (Op. Cit), p. 108.

gura 39): la espira de hierro era aún rectilínea, la fuente primaria era una batería externa, la corriente primaria era pulsante y el voltaje producido en el secundario era alterno. En efecto, en 1851 Ruhmkorff construyó una bobina de inducción inspirada en la “bobina de Masson”, instrumento ideado por éste y por Louis Breguet. La bobina de Ruhmkorff fue concebida en realidad como un transformador con forma de bobina de inducción, alimentada de forma alible por una corriente primaria de baja tensión. En su funcionamiento, ésta era interrumpida de forma oscilante, lo cual producía una corriente secundaria inducida de tensión muy alta, que, a su vez, podía generar fuertes descargas o chispas<sup>94</sup>. Este era el mismo principio de la bobina de Masson (figura 39), a la cual Ruhmkorff simplemente la modificó, mejorándola. El eje de la bobina de Masson era vertical, mientras que el eje de la bobina de Ruhmkorff era horizontal. Era ésta un núcleo (cilindro) de hilos de hierro dulce, serrados entre ellos, para evitar la producción de corrientes de Foucault<sup>95</sup>. Sobre el núcleo, se enrolla el circuito primario, constituido por un hilo de grueso diámetro. Alrededor de este enrollamiento se bobina el circuito secundario formado por un gran número de espiras de hilos finos, perfectamente aislados entre sí, en cuyas extremidades se liberaba la corriente inducida generada. La alimentación se llevaba a cabo a partir de una corriente de baja tensión, a través del circuito de un interruptor que, en las bobinas de dimensiones ciclópeas, se situaba en el exterior de éstas.



**Figura 39. Bobina vertical de Masson.**

<sup>94</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores: *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 69-70.

<sup>95</sup> Corrientes inducidas en un conductor que se desplaza dentro de un campo magnético

El fin buscado por Ruhmkorff no creemos que fue, como sí lo fue para Masson, el estudio fundamental del fenómeno de la inducción, sino más bien pragmática: lograr tensiones muy altas en el secundario o bobina inducida, al interrumpir la corriente en el circuito primario o bobina inductora, para lo cual era preciso reducir la duración del pulso de la corriente primaria. Utilizada para descargas a través de un gas enrarecido, la bobina de Ruhmkorff contribuyó al desarrollo del análisis espectral y permitió avances tecnológicos y descubrimientos fundamentales y, como queda dicho, el estudio de los rayos catódicos o la alimentación de las primeras “ampollas de rayos X” (tubos de Crookes).



**Figura 40. Retrato de Heinrich Daniel Ruhmkorff (1803-1877).**

Más adelante, Ruhmkorff aplicó la invención del inglés C. Bright, dividiendo la espira secundaria en varios compartimentos, aislados entre sí y conectados en serie. Con ello, las descargas entre la mayor diferencia de potencial pudieron realizarse a distancias mucho mayores. El hilo secundario podía ya medir decenas de kilómetros de longitud. Más adelante, Ruhmkorff aplicó mercurio en alcohol para extinguir la chispa y evitar fenómenos de oxidación. Por último, aplicando un dispositivo Fizeau, conectó un condensador entre los terminales del interruptor primario, para incrementar el voltaje inducido (figura 41).

El carrete de Ruhmkorff fue bastante popular para dar más potencia a los tubos de descarga y, en particular, en la generación de rayos X (descubiertos en 1895 por Röntgen). Más prosaico que calisténico, creó Ruhmkorff a partir de la primera bobina de inducción un

transformador de corriente alterna; también Ruhmkorff inventaría una batería termoeléctrica en 1844.



**Figura 41. Bobina de inducción de Ruhmkorff, de 1910.**

Las bobinas de inducción se utilizaron en diferentes tipos de experimentos. Para facilitar un fácil acceso a una cierta variedad de dispositivos, se solía emplear una mesa de experimentos, de madera. La salida de la espira se unía a los conectores manualmente. Los “electrodos manuales” se utilizaron en experimentos donde la salida de la espira se conectaba a una persona (no directamente, sino mediante un reóstato). Muchos creyeron que una suave descarga de un campo magnético podía ser terapéutica y surgió una cierta industria de dispositivos médicos a partir de la invención de la bobina de inducción<sup>96</sup> (figura 42).



**Figura 42. Bobina de inducción médica creada por Apps.**

---

<sup>96</sup> En la Inglaterra de la época, se popularizaron los curanderos ambulantes que portaban máquinas eléctricas con fines curativos. Durante bastantes años, este tipo de instrumentos recibió el epíteto despectivo de “máquinas de charlatanes y bribones.



Carrete de Ruhmkorff [MFH sn] (figura 43). Foto número: 241. Este aparato fue fabricado por la casa *Arthur Pfeiffer werkstätten für wissenschaftliche apparate*, en la ciudad de Weztlar (Lahn), Alemania. Son sus medidas: 27,0 cm de altura, 46,2 cm de ancho y 25 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: soporte de madera, metal que envuelve la bobina (atada con cuerda), cartón, vasija de cristal. En cuanto a su estado de conservación, está algo oxidado y la madera necesita restauración. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 43. Carrete de Ruhmkorff [MFH sn].**

Carrete de Ruhmkorff [MFH sn] (figura 44). Foto número: 242. Este aparato, modelo “*werkstätten für präzisionsmechanik chemnitz i.s.*” fue fabricado por la casa *Max Kohl a.g.* Exhibe el número de serie 4735. Son sus medidas: 24,5 cm de altura, 42,5 cm de ancho y 24,9 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: soporte de madera, metal que envuelve la bobina (atada con cuerda), cartón, vasija de cristal. En cuanto a su estado de conservación, está algo oxidado y la madera necesita restauración. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. El instrumento monta dos arrollamientos concéntricos de hilo alrededor de un núcleo cilíndrico de hierro dulce, hilo impregnado con parafina, todo ello dispuesto sobre una base hueca que contiene un condensador, construido con láminas de estaño separadas con papel de parafina. No tiene cambio de polaridad. El arrollamiento primario (interno) consiste en dos o más superficies de cobre fino recubierto con seda e impregnado con parafina, situada en un tubo de ebonita. El arrollamiento secundario está dividido en dos secciones separadas por discos aislantes de ebonita, para evitar descargas dentro de la espira, cada una de las cuales contiene numerosas vueltas de cobre con seda fina y está impregnada de parafina.



**Figura 44. Carrete de Ruhmkorff [MFH sn].**

Carrete de Ruhmkorff [MFH sn] (figura 45). Foto número: 244. Este aparato fue fabricado por la casa alemana *Induktions Apparat für Gemischten Strom*. Son sus medidas: 3,4 cm de altura, 12,2 cm de ancho y 6,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: soporte de madera, carcasa metálica que envuelve a la bobina (atada con cuerda), cartón y vasija de cristal. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 45. Carrete de Ruhmkorff [MFH sn].**

Carrete de Ruhmkorff [MFH sn] (figura 46). Foto número: 245. Exhibe el número de serie 679. Son sus medidas: 20,1 cm de altura, 27,2 cm de ancho y 15,0 cm de fondo.

Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: soporte de madera, metal que envuelve la bobina (atada con cuerda), cartón, vasija de cristal. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 46. Carrete de Ruhmkorff [MFH sn].**

Galvanómetro [MFH sn] (figura 48). Foto número: 115. Posee escalas de medida, de 0 a 2,5A,  $\pm 0,05A$ . Este aparato fue fabricado por la casa *J. Dalmau Montero*, compañía española con puntos de venta en Madrid y Barcelona. Exhibe el número de serie 22705. Son sus medidas: 29,5 cm de altura, 15,3 cm de ancho y 26,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: base de madera, ventana de cristal,

maquinaria metálica. Su estado de conservación es bueno y podemos constatar el movimiento de su aguja sin trabas. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10, en la vitrina. En este instrumento, inventado por Luigi Galvani (1737-1798)<sup>97</sup> (figura

---

<sup>97</sup> El instrumento debe su nombre a Luigi Galvani (figura 47), científico y naturalista italiano nacido en Bolonia en 1737. Galvani comenzó los estudios de teología que abandonaría más tarde por los de medicina, persuadido por su familia, en 1755. Se graduó en 1759 en medicina y filosofía, como era habitual entonces. Galvani tuvo como maestros a Jacopo Bartolomeo Beccari y Domenico Galeazzi y dividió sus primeros años de actividad académica entre la investigación anatómica y la práctica quirúrgica. Su tesis doctoral versó sobre la estructura, función y patología de los huesos (*“De Ossibus”*, 1762). En ella describe los elementos anatómicos y “químicos” con que los huesos se forman, sus patrones de crecimiento, así como las enfermedades que les afectan. En 1775, Galvani llegó a ser profesor adjunto o ayudante de Galeazzi en la cátedra de Anatomía de la Universidad de Bolonia. El Senado le nombró preparador y conservador del Museo Anatómico en 1766, y en febrero de 1782, ocupó el cargo de profesor de Obstetricia en el *Istituto delle Scienze*. Llegó a presidir la Academia de Ciencias en 1772. Galvani se casó con Lucia Galeazzi, hija de uno de sus maestros, el profesor Galeazzi en 1764; murió ésta en 1790, sin dejar descendencia, a la edad de 47 años, tras haber colaborado con Luigi en muchos experimentos. La entrada de tropas napoleónicas en Bolonia en 1796, trajo muchos cambios, entre ellos una serie de compromisos entre el viejo y el nuevo régimen. Entre éstos la imposición a los cargos públicos de realizar el juramento de lealtad a la República Cisalpina. Sus creencias religiosas y políticas hicieron que lo rechazara, por lo que le fue prohibido impartir clases. Perdió su puesto así como la pensión de jubilación. Más tarde sus amigos lograron que se le eximiera de ese juramento debido a su gran prestigio científico. Sin embargo, murió al poco tiempo, a la edad de 61, el 4 diciembre de 1798 en la casa donde nació. Fue enterrado, según sus deseos, junto a su esposa. Las crónicas de la época muestran la conmoción que causó su muerte entre sus conciudadanos. Así pues, Luigi Galvani observó por primera vez que una descarga eléctrica entre las patas de una rana muerta producía contracciones de sus músculos. Se dice que este descubrimiento inspiró la novela “El doctor Frankenstein” escrita en aquella época, pero la versión oficial es que, accidentalmente, en el laboratorio de Galvani, un asistente tocó con un hilo conductor el nervio femoral de una rana “preparada”, que se hallaba a escasa distancia de una botella de Leiden, en el momento en que esta última generaba una chispa, y la rana sufrió una violenta contracción. Sin descanso, Galvani colgó las patas de rana en una reja metálica durante una tormenta. Las patas de rana se contraían y ello duró incluso pasada la tempestad. Descubrió que la contracción se producía cuando el músculo tocaba dos metales diferentes de la reja, posiblemente hierro y cobre. Galvani creyó que la electricidad se generaba en el músculo, observación errónea que descubrieron posteriormente otros investigadores. Galvani hizo su descubrimiento el año 1786, pero continuó investigando y publicó sus resultados el año 1791. Hay que decir que los trabajos de Galvani con las ranas habían tenido antecedentes, cuando en 1664, en Amsterdam, Jan Swammerdam realizó experimentos con músculos de rana: un músculo inmerso en agua se contraía cuando se apretaba; la disminución del nivel del agua mostraba que la contracción reducía el volumen del músculo. Galvani, como ya hizo en su tesis, trabajó en temas de anatomía descriptiva. También se dedicó a la anatomía comparada. En 1767 publicó un ensayo sobre los riñones de los pájaros, donde describe, entre otras cosas, las tres capas de la pared uretral y sus movimientos peristálticos y antiperistálticos tras la irritación. Publicó así mismo trabajos sobre la anatomía del oído de las aves, antes de que lo hiciera el anatómico Antonio Scarpa. Describió con cierta precisión la anatomía comparada del canal auditivo de varias especies de pájaros, mostrando con especial detalle los vasos sanguíneos, músculos y nervios del oído medio e interno. Sin embargo, las contribuciones por la que es conocido se relacionan con la electricidad. La década de los años setenta supuso para él el interés por la fisiología del sistema nervioso y muscular. En 1772 presentó una comunicación al *Istituto delle Scienze* sobre la irritabilidad halleriana y, poco después, sobre los movimientos musculares de las patas de la rana. En 1774 leyó un artículo sobre el efecto de los opiáceos en los nervios de las ranas. Esto le llevó a investigar la estimulación de nervios y músculos en estos animales. Así, a comienzos de los ochenta, comenzó una larga serie de investigaciones sobre las respuestas obtenidas por la electricidad estática en las ranas. Los otros dos descubrimientos

48), la fuerza que se produce entre un campo magnético y una bobina inclinada por la que pasa una corriente produce una desviación de la bobina, desviación proporcional a la intensidad de la corriente y con una escala calibrada se puede medir la misma<sup>98</sup>. Así pues, un galvanómetro se utiliza en la detección y medida de la corriente y su base instrumental se

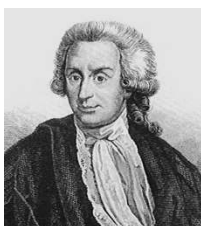
---

coetáneos sobre electrofisiología fueron, por una parte, la invención de la botella de Leiden y, por otra, las máquinas electrostáticas, que permitieron observar el efecto motor de las descargas eléctricas (MÉTRAL, P.: *Précis de physique pour le brevet élémentaire*, 2ª ed. Paris: Massan et Cie, 1930. (Op. Cit.) p. 456). Todo París quedó conmovido cuando el abate Mollet, en 1749, hizo saltar ante Luis XV a toda una compañía de guardias valiéndose de estos artificios. Por otra, Robert Whytt demostró que la estimulación eléctrica del músculo produce movimientos más enérgicos que la contracción voluntaria. En paralelo, otros científicos, como John Hunter, comprobaron las sacudidas que se producen al contacto con determinados peces como el gimnoto y el torpedo planiforme. Tanto el abate Bertholon (1780) y J. B. Bonnefoy (1782) llegaron a afirmar la existencia de una “electricidad animal”. Para éste último, la materia eléctrica sería “el principio vivificante” y “el alma de la vegetación”. Todo ello confluyó en la obra de Luigi Galvani sobre la electricidad animal. Había adquirido máquinas electrostáticas y botellas de Leiden. En 1773 leyó en la Academia de Bolonia la memoria “*Sul moto muscolare delle rane*”. Junto con su sobrino Giavanni Aldini, elaboró su teoría de la electricidad animal. Observó que cuando una rana desollada se sitúa cerca de una máquina electrostática, basta sacar o producir chispas en ésta y tocar los nervios crurales del batracio con un bisturí, para que sus patas se contraigan. Unos años más tarde pudo ver, además, que los músculos de la rana entran en convulsión cuando por medio de un arco bimetalico se establece un circuito entre ellos y el nervio respectivo. La conclusión a la que llegó Galvani fue que los músculos de la rana, a manera de botella de Leiden, están cargados de electricidad positiva en el interior y negativa en el exterior de cada músculo; decía que “parecía como si se tratara de convulsiones tóxicas”. En 1753, en Turín, Giovanni Battista Beccaria, físico y geólogo, había publicado “Del electricismo artificial y natural” y estudió la luminiscencia eléctrica como criterio para reconocer las dos electricidades opuestas, positiva y negativa. La comunicación entre el interior y el exterior a través del circuito metálico y nervioso determinará la producción de corriente y la correspondiente sacudida. Alejandro Volta, impresionado, se dedicó a repetir los experimentos de Galvani, pero pronto se convirtió en una especie de abogado del diablo. Hizo notar el error interpretativo de Galvani; la presunta electricidad muscular se producía por el simple contacto entre los dos metales del circuito. A partir de aquí Volta hizo posible la pila eléctrica así como la electroquímica y la electrodinámica. En lo sucesivo, Luigi Galvani se dedicaría con esmero a estudiar a fondo el enigmático fenómeno y a reunir finalmente sus experiencias en una disertación escrita en latín: “Comentario sobre las fuerzas eléctricas que se manifiestan en el movimiento muscular” (“*De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*”, 1791).

STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores. *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 168. Galvani logró demostrar la producción de corrientes eléctricas en el seno de los tejidos animales, sobre todo en los músculos. La sacudida muscular puede obtenerse excluyendo los metales del circuito entre el nervio y el músculo. Si se coloca sobre una lámina de vidrio la preparación neuromuscular y se pone en contacto la superficie del músculo con la extremidad del nervio seccionado mediante un asa (de vidrio), surge la típica sacudida. Uno de los que comprobó el hecho y se entusiasmó fue Humboldt. Los iniciadores de la *Naturphilosophie* llegaron a establecer fuertes paralelismos entre “galvanismo” y “fuerza vital” e hicieron de la “polaridad” un principio biológico de aceptación universal. En 1800, Volta construyó la primera pila eléctrica, actualmente conocida como “pila galvánica” y otras veces “pila voltaica”. En la última parte de su vida, Galvani, ya con la salud muy disminuida y profundamente abatido por la muerte de su esposa, comenzó un largo viaje por el mar Adriático, con el objetivo de estudiar el comportamiento de los torpedos, una especie de pez que producía descargas eléctricas. Dedujo en sus observaciones que éstas eran de naturaleza eléctrica y que el choque provocado por el pez era particularmente intenso en los músculos del animal. Con ello Galvani acreditó equivocadamente lo que toda su vida defendió: que la electricidad era de origen animal. Galvani murió poco después de ese viaje, el 4 de diciembre de 1798.

<sup>98</sup> BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6ª ed., París: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834. (Op. Cit.) p. 314

fundamenta en las interacciones entre una corriente eléctrica y un imán, estando diseñado su mecanismo de forma que un imán permanente o un electroimán produce un campo magnético, lo que genera una fuerza cuando hay un flujo de corriente en una bobina cercana al imán<sup>99</sup>. Al día de hoy, existen tres tipos de galvanómetros: analógicos (el valor es señalado por la aguja), digitales (en éstos, mediante una pantalla) y multitester (con varias medidas). En un galvanómetro la fuerza inclina la aguja en un grado proporcional a la intensidad de la corriente.



**Figura 47. Luigi Galvani (1737-1798).**



**Figura 48. Galvanómetro [MFH sn].**

---

<sup>99</sup> TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998 (Op. Cit), p. 109.

Galvanómetro [MFH sn] (figura 49). Foto número: 254. Posee escalas de medida de 0 a 20 Amperios. Son sus medidas: 23,5 cm de altura, 12,4 cm de ancho y 24,9 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, cristal, metal, bornes cerámicos. Su estado de conservación es aceptable, aunque se encuentra algo poco sucio por dentro y oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 49. Galvanómetro [MFH sn].**

Galvanómetro de Kelvin [MFH sn] (figura 51). Foto número: 236. Son sus medidas: 43,0 cm de altura, 25,5 cm de ancho y 16,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, bobinas de cobre recubiertas por una capa roja



de seda. Respecto a su estado de conservación, salvo que le falta la pieza central y fundamental de medida, con el electroimán (véase la figura 51), se puede decir que del resto es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 50. Galvanómetro Kelvin.**



**Figura 51. Galvanómetro de Kelvin [MFH sn].**

Imán [MFH 1021] (figura 53). Foto número: 303. Son sus medidas: 10,2 cm de altura, 11,5 cm de ancho y 7,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento<sup>100</sup> se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno, está muy poco oxidado y presenta algunos adarces en los conectores. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento procede del Colegio de San Fernando. No es paradoja la presencia de este imán en la colección, dentro de la Facultad de Farmacia, pues imán y magnetismo no sólo pertenecen al ámbito de los físicos, sino que su utilidad muchas veces ha sido (y es) fisiológica y médica<sup>101, 102</sup> (figura 52): tampoco hay que olvidar que en la Facultad de Farmacia siempre ha existido un competente departamento de Técnica Física.

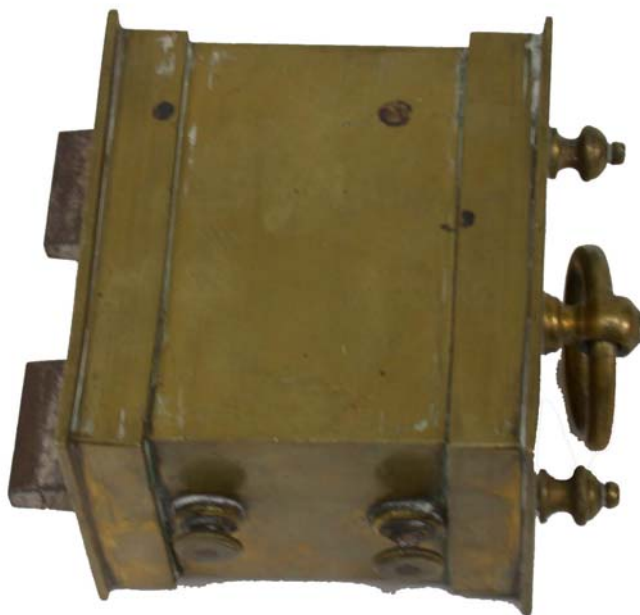


**Figura 52. Imán.**

<sup>100</sup> Hace dos mil años aproximadamente los griegos se percataron de un fenómeno curioso: existía una piedra que atraía pequeños objetos metálicos. A esta piedra le dieron el nombre de “imán”.

<sup>101</sup> BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6<sup>a</sup> ed., París: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834. (Op. Cit.) p. 325.

<sup>102</sup> Los primeros en mencionar la propiedad de la magnetita o imán de atraer partículas de hierro fueron Tales de Mileto, Sócrates y Platón, aunque es muy probable que el fenómeno fuera conocido desde mucho antes. Hacia los años 1000-1200 el matemático chino Shen Kua (1030-1090) escribió acerca de la primera aplicación práctica del magnetismo: una aguja para indicar direcciones, esta es la antecesora de la brújula. Después del año 1100 Chu Yu anunció el uso de la brújula como instrumento de navegación. Tendrían que pasar años hasta que el inglés Alexander Neckham (1157-1217) hizo la primera mención occidental sobre la brújula. En 1269 el francés Petrus Peregrinus describió detalladamente la brújula como instrumento de navegación (ese año Pierre de Maricourt, más conocido como Peter Peregrinus, escribió la “Epístola de la magneto” considerada en esa época como un tratado fundamental del magnetismo) y ya en 1600, un médico inglés, William Gilbert publicó el tratado “*De Magnete*” donde además de describir una serie de fenómenos magnéticos afirmaba que la Tierra era un enorme imán y que cada imán tiene dos polos: norte y sur orientados hacia los polos terrestres. Gilbert también escribió que polos iguales se repelen, polos distintos se atraen, y que los imanes al ser calentados pierden sus propiedades magnéticas. William Gilbert, que era médico y físico, debió leer o conocer las experiencias de Tales y Theofastro y las repitió, estudiando la atracción del ámbar sobre unas finas partículas y llamó electricidad a este fenómeno, de la palabra *elektron*, nombre griego del ámbar. Experimentó con otras sustancias y observó el mismo fenómeno en el azufre, lacre y algunas piedras preciosas. La Reina Isabel I le pidió también un estudio sobre los imanes para mejorar la exactitud de las brújulas de navegación. Este trabajo fue la base de estudios posteriores de electrostática y magnetismo. Gilbert escribió un libro que tituló “*De Magnete*”, donde hacía referencia Años después de la muerte de Gilbert, el irlandés Boyle demostró que la electricidad perdura un cierto tiempo en los cuerpos después de haberlos frotado.



**Figura 53. Imán [MFH 1021].**

En la colección existen dos resistencias de cursor<sup>103</sup> (figura 54), catalogadas con los números [MFH 3927] y [MFH 4145], que a continuación describimos:

Resistencia de cursor [MFH 3927] (figura 55). Foto número: 023. Posee escalas de trabajo de 60 ohmios y 5 amperios. Exhibe el número de serie R52759. Son sus medidas: 14,0 cm de altura, 45,0 cm de ancho y 13,5 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, con soporte de madera. Su estado de conservación es bueno, a pesar de hallarse oxidado, aunque repintado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11, procedente de la cátedra de Técnicas Instrumentales.

---

<sup>103</sup> El año 1826, el físico alemán George Simon Ohm (1789-1854) definió la “resistencia eléctrica” y propuso la ley que lleva su nombre, la Ley de Ohm.



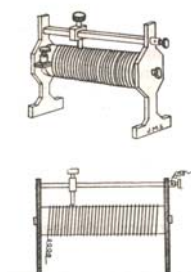
**Figura 54. Distintos tipos de resistencias de cursor.**



**Figura 55. Resistencia de cursor [MFH 3927].**

Resistencia de cursor [MFH 4145] (figura 57). Foto número: 051. Son sus medidas: 12,1 cm de altura, 41,2 cm de ancho y 8,1 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno, está algo oxidada, pero el cursor se desliza aceptablemente. En el momento de la foto, se encontraba

en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



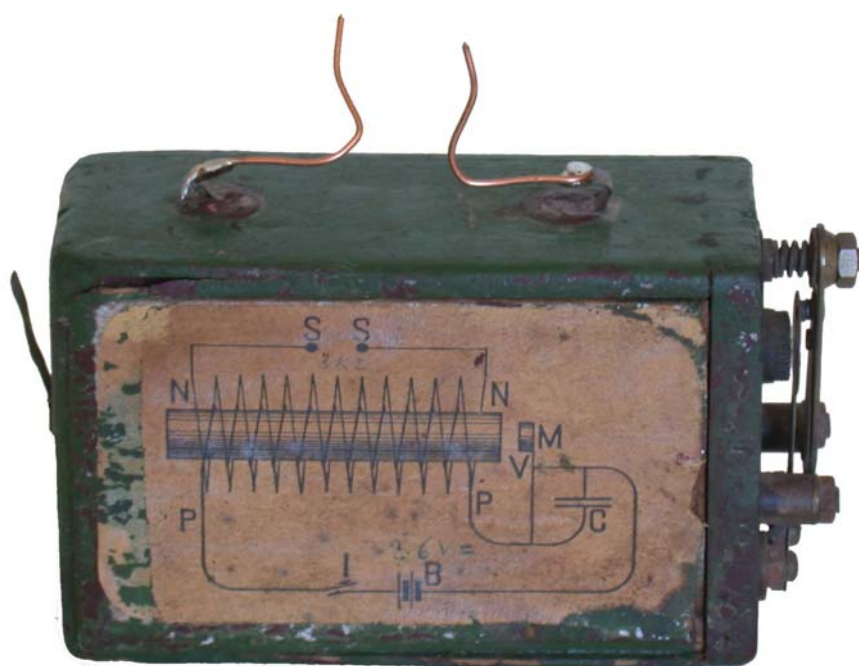
**Figura 56. Resistencias de cursor.**



**Figura 57. Resistencia de cursor [MFH 4145].**

Resistencia para *shunt* [MFH sn] (figura 58). Foto número: 219. Son sus medidas: 8,0 cm de altura, 12,0 cm de ancho y 5,0 cm de fondo. Los materiales con los que este ins-

trumento se halla construido son: carcasa de madera, metal, frontal de madera. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. Un *shunt* está conformado por una resistencia de precisión de valor óhmico menor que el presentado por la bobina móvil del instrumento, permitiendo de esta forma que la otra porción de corriente no tolerada pase a través de él<sup>104</sup>. Las características del *shunt* dependen del rango de medida que se necesite, determinado por la escala del amperímetro; por lo tanto, para cambiar la escala de medida de un instrumento, bastaría con cambiar el *shunt*, ya que la bobina sería la misma.

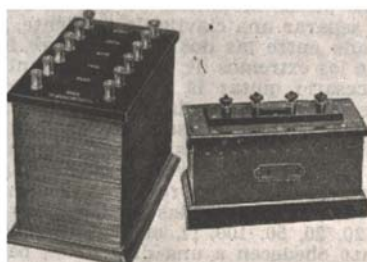


**Figura 58. Resistencia para shunt [MFH sn].**

<sup>104</sup> Para ampliar el fondo de escala de un amperímetro se emplea el dispositivo llamado “*shunt*” (en inglés, derivación), que permite que sólo atraviese la bobina móvil del instrumento, aquella corriente que el mismo puede tolerar.

Hay en la colección cuatro cajas de resistencias de bornes. Generalizando, las cajas de resistencias pueden ser de dos tipos: cajas multiplicadoras (llamadas multiplicadores o bobinas adicionales)<sup>105</sup> y cajas derivadoras<sup>106</sup>.

Caja de resistencias de bornes [MFH sn] (figura 60). Foto número: 243. Posee bornes de 500, 100, 200, 300, 400 ohmios. Este aparato fue fabricado por la casa *Talleres Eron*, en la calle Feliu Casanova, 13, en la ciudad de Barcelona (Sans), España, teléfono 32627<sup>107</sup>. Son sus medidas: 9,1 cm de altura, 20,1 cm de ancho y 7,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: caja de madera, bornes metálicos y cerámicos. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 59. Cajas de resistencias de bornes.**

<sup>105</sup> La capacidad de medida de un voltímetro que tiene una resistencia en serie instalada en el interior del aparato puede aumentarse agregando una resistencia exterior, conectada en serie con el instrumento. Las resistencias externas utilizadas en estos casos se llaman multiplicadores y, algunas veces, bobinas adicionales. Están colocadas, por regla general, dentro de una caja perforada, con sus terminales unidos a bornes dispuestos en la parte exterior. El poder multiplicador correspondiente va marcado cerca de un terminal.

<sup>106</sup> Cuando los galvanómetros se emplean para el análisis de corrientes de poca intensidad, como en los métodos que se fundan en la compensación de la corriente, las condiciones pueden ser tales que circule por el galvanómetro una corriente relativamente grande. Esta da lugar a una fuerte desviación de la bobina y puede averiar el instrumento. En otras mediciones, la corriente que se desea medir con el galvanómetro puede ser tan grande que la desviación sea mayor que lo que permite la longitud de la escala. En ambos casos se puede reducir la sensibilidad del galvanómetro por medio de un shunt (o caja derivadora), es decir, una resistencia que derive cierta proporción conocida de la corriente que pasarla por el galvanómetro. Hay dos tipos corrientes de shunt. Uno de ellos consiste en tres o cuatro resistencias separadas, de las que solamente una puede acoplarse en paralelo con el galvanómetro por medio de una clavija. Estas resistencias tienen valores tales que para un determinado valor de la corriente que quiere medirse, las intensidades que pasan por el galvanómetro, cuando se intercalan dos resistencias consecutivas.

<sup>107</sup> Constatar el teléfono puede resultar de utilidad para investigar el año en que el instrumento fue fabricado.



**Figura 60. Caja de resistencias de bornes [MFH sn].**

Caja de resistencias de bornes [MFH sn] (figura 61). Foto número: 253. Posee dieciséis posiciones, de 1, 2, 3, 5, 50, 20, 20, 10, 100, 200, 200, 500, 1000, 2000, 2000 y 5000 ohmios. Son sus medidas: 11,0 cm de altura, 19,6 cm de ancho y 19,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera y metal, con los bornes cerámicos. Su estado de conservación es aceptable, aunque se ha perdido la tapa de madera superior. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.





**Figura 61. Caja de resistencias de bornes [MFH sn].**

Resistencia de clavija [MFH sn] (figura 63). Foto número: 327. Posee escalas de 0,1 a 0,4 y de 10.000 a 40.000 ohmios, y de 1,5 a 0,008 Amperios. Este aparato fue fabricado por la casa *Hartmann & Braun A. G.*, en la ciudad de Frankfurt, Alemania. Exhibe el número de serie 14604. Son sus medidas: 13,2 cm de altura, 19,8 cm de ancho y 8,8 cm de fondo. En cuanto a los materiales con los que se halla construido, hay que destacar, ante todo, su caja de madera, preparada para ubicar dieciséis resistencias; además de la caja de madera, los demás materiales son madera y metal, con una cartulina adherida a su plano frontal, que contiene indicaciones de su utilización. Su estado de conservación es excelente. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, procedente de la cátedra de Técnicas Instrumentales.



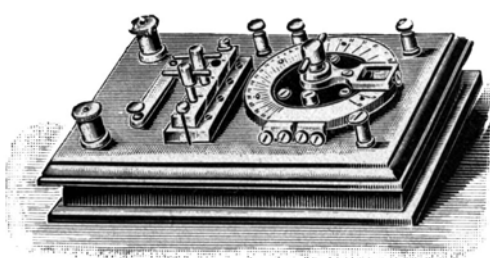
**Figura 62. Resistencias de clavija.**



**Figura 63. Resistencia de clavija [MFH sn].**

Resistencia múltiple de bornes [MFH sn] (figura 66). Foto número: 328. Este aparato fue fabricado por la casa *Aramburo Constructores*, en la ciudad de Madrid, España. Son

sus medidas: 9,5 cm de altura, 35,1 cm de ancho y 25,0 cm de fondo. Presenta este instrumento una caja de madera, siete bornes, dos conectores de red, dos conectores para circuito externo y un selector central de resistencias. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, procedente de la cátedra de Técnicas Instrumentales.



**Figura 64. Resistencia múltiple de bornes que conforma un puente de Wheatstone.**



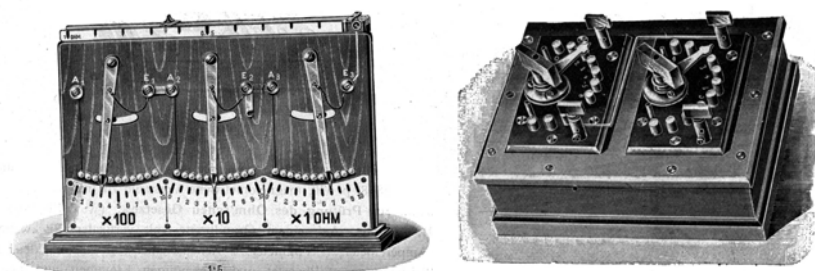
*Leeds & Northrup, Filadelfia.*

**Figura 65. Resistencia múltiple de bornes integrada en un potenciómetro Leeds and Northrup.**

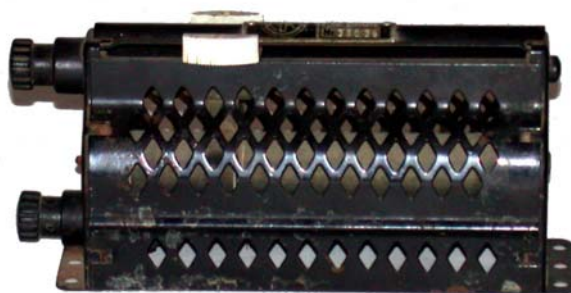


**Figura 66. Resistencia múltiple de bornes [MFH sn].**

Reóstato [MFH sn] (figura 68). Foto número: 420. Posee escalas de medida, de W 110 / 220 V, A 1 / 50 PS. Este aparato fue fabricado por la casa *A.R.* Exhibe el número de serie 35036. Son sus medidas: 8,8 cm de altura, 18,8 cm de ancho y 5,8 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, con los conectores cerámicos. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10, procedente de la cátedra de Técnicas Instrumentales.

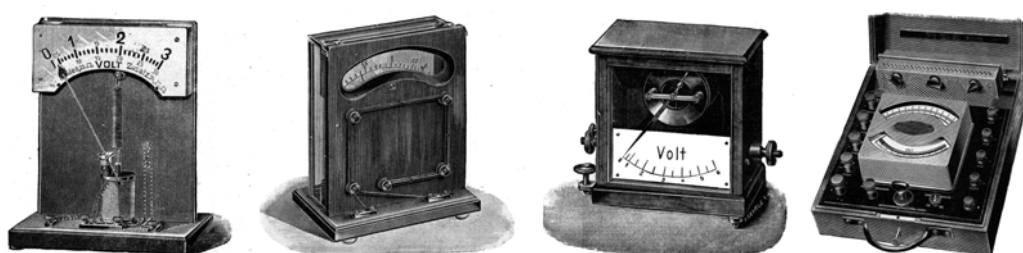


**Figura 67. Reóstatos en serie (izquierda) y curvo (derecha).**



**Figura 68. Reóstato [MFH sn].**

Voltímetro electrónico [MFH sn] (figura 70). Foto número: 263. Posee escalas de medida, de 0 a 200 kOhmios<sup>108</sup>. Este aparato fue fabricado por la casa *LMB, Laboratorio de Metrología de Barcelona*, en Barcelona, España. Exhibe el número de serie 35945. Son sus medidas: 27,0 cm de altura, 15,2 cm de ancho y 11,2 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, aparte del visor, que es de vidrio. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 69. Antiguos voltímetros.**

---

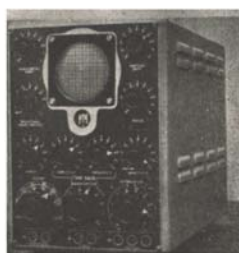
<sup>108</sup> En un voltímetro, la sensibilidad se expresa de acuerdo con el número de ohmios por voltio, es decir, la resistencia del instrumento. Para que un voltímetro sea preciso, debe tomar una corriente insignificante del circuito y esto se obtiene mediante alta resistencia. El número de ohmios por voltio de un voltímetro se obtiene dividiendo la resistencia total del instrumento entre el voltaje máximo que puede medirse. Por ejemplo, un instrumento con una resistencia interna de 300.000 ohmios y una escala para un máximo de 300 voltios, tendrá una sensibilidad de 1.000 ohmios por voltio. Para trabajos generales, los voltímetros deben poseer al menos 1.000 ohmios por voltio.



**Figura 70. Voltímetro electrónico [MFH sn].**

### 3. CIRCUITOS E INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS

En la colección sólo existe un oscilógrafo, instrumento electrónico capaz de registrar los cambios de tensión producidos en los circuitos eléctricos y electrónicos, mostrándolos gráficamente en la pantalla de un Tubo de rayos catódicos. Fue utilizado en el laboratorio de Técnicas Instrumentales, para comprobar y ajustar el equipamiento electrónico y para seguir las rápidas variaciones de las señales eléctricas, pues permite detectar variaciones de millonésimas de segundo. Con un oscilógrafo u osciloscopio (figura 71) se pueden realizar determinaciones oscilométricas, pues esta técnica instrumental de análisis químico se basa en el uso de corriente eléctrica alterna a alta frecuencia, sobre todo, valoraciones conductimétricas a alta frecuencia y determinaciones de constantes dieléctricas basadas en la capacitancia. Por lo común, el término oscilometría es cosignificante con el de valoraciones a alta frecuencia, valoraciones clásicas donde se mide, en vez de la conductividad clásica, la conductividad a alta frecuencia, parámetro directamente proporcional a la frecuencia de la oscilación de la corriente eléctrica.



*Mullard Ltd.*

**Figura 71. Oscilógrafo Mullard.**



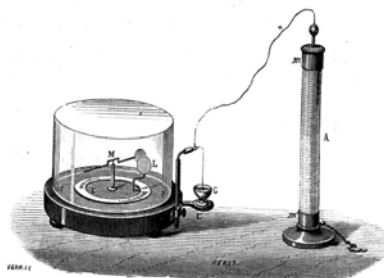
Oscilógrafo [MFH sn] (figura 72). Foto número: 262. Este aparato fue fabricado por la casa japonesa *Matsushita Communication Industrial Co. Ltd.* Son sus medidas: 22,5 cm de altura, 15,0 cm de ancho y 41,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, con su visor de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



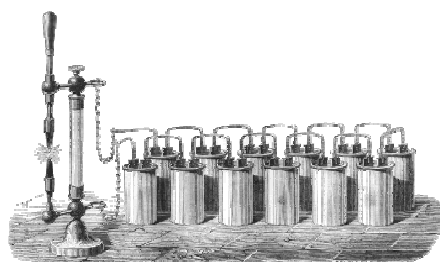
**Figura 72. Oscilógrafo [MFH sn].**

## 4. POTENCIALES ELECTRÓDICOS Y PILAS ELECTROLÍTICAS, TÉCNICAS POTENCIOMÉTRICAS Y DE MEDIDA DE pH

Antes de nada, es preciso un repaso histórico de los antecedentes de las pilas electrolíticas, de las cuales hay en la colección numerosos y notables ejemplos, como a continuación veremos. Históricamente, las primeras pilas a mencionar son las “pilas primarias”, de las cuales, cronológicamente, la primera fue la pila de Volta, a partir de la cual surgieron las primeras pilas utilizadas experimentalmente (figura 73). La corriente se extraía mediante dos hilos de cobre llamados entonces “reóforos”, palabra griega que significa “portacorriente”, término ya desaparecido de nuestro vocabulario.

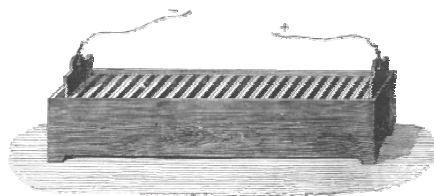


**Figura 73. Pila de Volta (derecha), como fuente de alimentación de un diagómetro de Rousseau (izquierda).**



**Figura 74. Batería de pilas elementales compuestas por electrodos cobre / zinc en una solución de agua acidulada, grabado de 1870.**

Posteriormente surgirían mejoras y modificaciones sobre esta pila de Volta<sup>109</sup>, como la “pila de receptáculo”, creada por Cruikshank (figura 75), donde las láminas de zinc y de cobre se disponían verticalmente dentro de un receptáculo de paredes aislantes que contenía agua acidulada (en el siglo XIX se decía “*agua aguada*” con ácido sulfúrico). Una de estas pilas, de 2000 elementos, fue adquirida hacia 1810 por el Instituto Real de Londres, por suscripción de sus socios y gracias a ella, Davy y Faraday pudieron realizar sus experiencias en electroquímica. Por encargo explícito de Napoleón Bonaparte, se construyó una pila del mismo tipo en la Escuela Politécnica de Francia<sup>110</sup>, luego utilizada por numerosos científicos y por el mismo Ampère (figura 74).



**Figura 75. Pila de receptáculo de Cruikshank.**

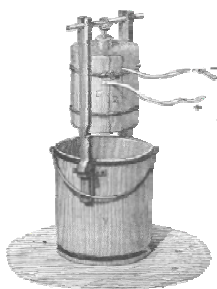
De entre las mejoras posteriores hallamos la llamada “pila en hélice” o “pila helicoidal”, ideada por el químico americano Robert Hare (1781-1858), cuyas láminas eran de cobre y de zinc, separadas por un material aislante y enrolladas en un recipiente lleno de agua acidulada (figura 76). Robert Hare inventó también en 1802 el soplete oxhídrico y fue uno de los primeros en utilizar las medidas eléctricas en el análisis químico<sup>111</sup>.

---

<sup>109</sup> GUILLEMIN AMADÉE VICTOR: *El mundo físico*. Barcelona: Montoner y Simón, 1882 (Op. Cit). p. 121.

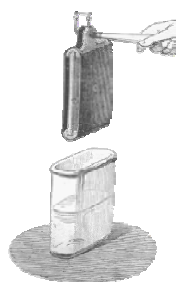
<sup>110</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 278.

<sup>111</sup> STOCK, JOHN T. Y VAUGHAN, DENYS: *The development of instruments to measure electric current*. London: Science Museum, 1983.



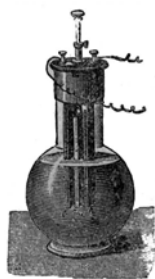
**Figura 76. Pila helicoidal de Robert Hare.**

Con el fin de retardar la polarización de la pila voltaica o pila de Volta, el químico inglés William Hyde Wollaston (1766-1828) ideó rodear con el electrodo de cobre al de zinc, con lo cual la superficie del electrodo resultaba el doble y esta modificación aumentaba la vida de uso de la pila (figura 77).



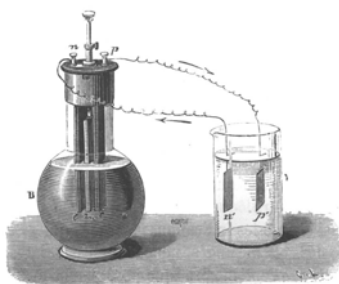
**Figura 77. Pila de Wollaston.**

Otras soluciones fueron la pila de Münch, una variante de la pila de Wollaston, donde las láminas de cobre se hallaban plegadas en U verticalmente, intercaladas entre las láminas de zinc. Sin embargo, la pila de Volta y sus derivados presentaban el inconveniente de polarizarse rápidamente y entonces dejar de funcionar. Así, surgieron otros tipos de pilas, que pueden agruparse en dos familias principales: pilas impolarizables, en donde el paso de la corriente no modificaba la naturaleza de los contactos electroquímicos, y pilas con despolarizante, en las cuales el hidrógeno formado en el polo positivo debía ser reducido por el oxígeno, pues de otra manera, la pila dejaba de funcionar al sufrir polarización. A este tipo pertenecen prácticamente todas las pilas industriales.



**Figura 78. Pila de dicromato potásico.**

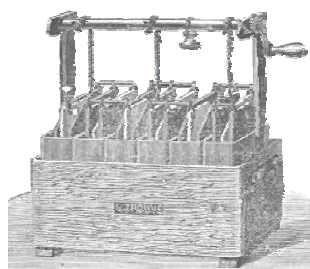
De entre las pilas impolarizables debemos destacar, en primer lugar, las pilas de dicromato potásico<sup>112</sup> (figura 78), que constituyen la primera gran familia de pilas, cuyo antecedente se puede establecer en la pila de dicromato de dos líquidos de Fuller, pero uno de los diseños más famosos de las pilas de dicromato potásico fue la pila-botella o pila de Grenet (figura 79). Si bien la pila de dicromato había sido desarrollada por Poggendorff en 1842, su variante la pila de Grenet, estaba compuesta por un solo electrolito. El electrodo en zinc amalgamado era móvil y se hallaba dentro del electrolito cuando se utilizaba (enseguida había que retirarlo para evitar la corrosión del zinc); además, el dicromato potásico es muy tóxico y contaminante. Se construyeron pilas de este tipo de distintos tamaños, la más grande con un volumen de varios litros. La pila de Grenet era una excelente pila de laboratorio, desde el punto de vista de la tensión que generaba (fuerza electromotriz de 2 voltios), aunque, sin embargo, nunca alcanzó usos domésticos.



**Figura 79. Pila de Grenet.**

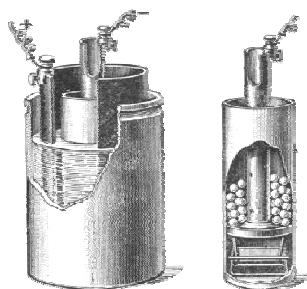
<sup>112</sup> GUILLEMIN AMADÉE VICTOR: *El mundo físico*. Barcelona: Montoner y Simón, 1882 (Op. Cit). p. 127.

Posteriormente se desarrollaron otros modelos de pila de dicromato de un solo líquido, como la pila “tipo torno” creada por el constructor francés de instrumentos científicos Gustave Trouve (1838-1902), donde los distintos elementos poseen un sistema de carga mediante una manivela (figura 80).



**Figura 80. Pila tipo torno de Gustave Trouve.**

Citaremos, asimismo, la “pila Radiguet”, formada por dos electrolitos: agua acidulada y dicromato potásico (figura 81). Disponía de un soporte para amalgamar, lo cual evitaba tener que sustituir periódicamente su electrodo en zinc, pues mantenía un recubrimiento de mercurio en la superficie del zinc. Además, permitía emplear recortes o restos de metal, que de otra manera se tirarían, como virutas o bolas de zinc, lo que hoy llamaríamos materiales listos para ser reciclados; esas partes metálicas se introducían periódicamente en la pila, análogamente a cómo se introduce el carbón en un horno (de carbón). La pila Radiguet generaba una fuerza electromotriz de 2,1 voltios y una intensidad superior a 1 amperio.



**Figura 81. Pila Radiguet.**

Hubo otros tipos de pilas de dicromato, de dos líquidos, como la pila Guiraud, que era una pila de dos electrolitos (agua salina y dicromato potásico), cuya fuerza electromotriz era de 2 Voltios y constaba de un vaso poroso de diámetro relativamente grande, que separaba los dos electrolitos (figura 82). El despolarizante era dicromato y se disponía en el interior del vaso poroso. El electrodo era de carbón y se hallaba compuesto por varias capas, reunidas por una pieza especial de latón, sumergida en el líquido. El zinc circulante, no amalgamado, se introducía en una solución de cloruro sódico o sal común, de concentración 325 g /l. Era ésta una “pila sin mercurio”, ecológica ya entonces, aunque la manipulación del dicromato no fuese sencilla. La aplicabilidad de la pila Guiraud fue grande, dadas sus buenas propiedades de estabilidad en el tiempo; el precio de la corriente eléctrica producida por ella era cinco o seis veces inferior al de otros tipos de pilas, según las pruebas de la época. Guiraud recibió por este invento una medalla de oro en el Concurso de Inventos de Marsella de 1909.



**Figura 82. Pila Guiraud.**

Las pilas de sulfato de cobre, como la pila Daniell, constituyen otra gran familia de pilas de dos líquidos: agua acidulada y una solución de sulfato de cobre<sup>113</sup>. El precedente de este tipo de pilas lo hallamos en el electrotipo de Smée, empleado en los primeros tiempos de la galvanoplastia para aislar cobre. En él, una pieza de cobre se sumergía en una solución de sulfato de cobre, para constituir uno de los elementos de un circuito voltaico, dispuesto sobre un electrodo de zinc. Entre pilas de sulfato de cobre, como queda dicho, se en-

---

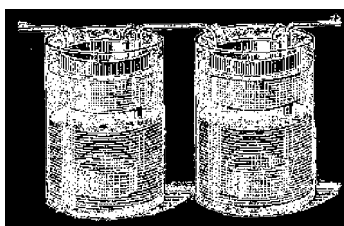
<sup>113</sup> GUILLEMIN AMADÉE VICTOR: *El mundo físico*. Barcelona: Montoner y Simón, 1882 (Op. Cit). p. 125.

cuenta la pila Daniell (1836) utilizada durante bastante tiempo como elemento de referencia, ya que su fuerza electromotriz es de aproximadamente 1 voltio<sup>114</sup>. Esta pila, basada en un vaso poroso de cerámica, era capaz de lograr una intensidad de varias decenas de amperios (figura 83). En su variante, llamada “pila Carre”, el vaso poroso se sustituyó por una membrana de material, para obtener intensidades de hasta 15 amperios.



**Figura 83. Pila Daniell.**

La “pila Callaud”, al igual que la pila Daniell, contenía dos electrolitos: una solución de sulfato de cobre y otra de agua acidulada con ácido sulfúrico (figura 84). El vaso poroso se había suprimido y las dos soluciones se hallaban separadas por una simple diferencia de densidad; para evitar que se mezclasen, la pila debía permanecer inmóvil<sup>115</sup>. La pila Callaud fue utilizada por el servicio de teléfonos y por el de ferrocarriles franceses durante varios decenios.



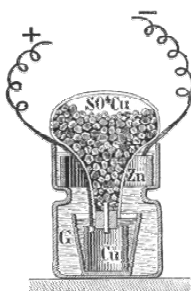
**Figura 84. Pila Callaud.**

<sup>114</sup> DARY, GEORGES: *A travers l'électricité*. Paris: Librairie Nony & Cie, 1900 (Op. Cit.), p. 16.

<sup>115</sup> DARY, GEORGES: *A travers l'électricité*. Paris: Librairie Nony & Cie, 1900 (Op. Cit.), p. 16.



La pila Meidinger (figura 85), otra variante de la pila de sulfato de cobre, fue un diseño peculiar que albergaba en un vaso cristales de sulfato de cobre, lo cual aumentaba enormemente su vida operativa: una pila Callaud, por ejemplo, venía a durar tres meses, mientras que una pila Meidinger duraba un año. La pila Meidinger fue utilizada por la compañía de ferrocarriles francesa para iluminar los anuncios de sus trenes; su fuerza electromotriz era 1,08 Voltios.

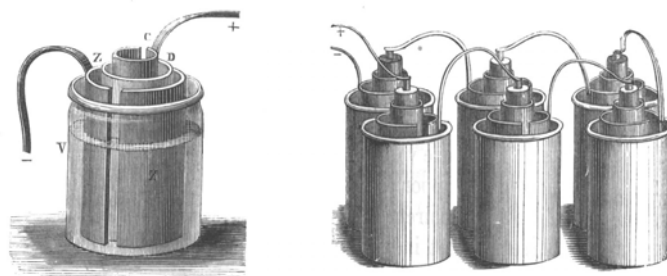


**Figura 85. Pila Meidinger.**

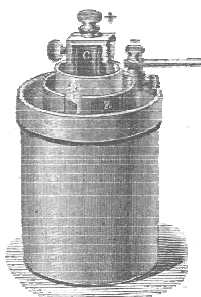
Otras variantes de este tipo de pilas fueron los modelos de Verite, Minotto o el elemento de Essick, cuyos electrolitos estaban a 70°C, alta temperatura a la cual aumentaba su fuerza electromotriz.

Para paliar los inconvenientes del agotamiento de las pilas, surgieron las pilas con despolarizante: el primer modelo de pila con despolarizante nítrico apareció en 1839, creada por el físico William Robert Grove<sup>116</sup> (1811-1896) (figura 87). En ella, el polo negativo estaba constituido, al igual que en la pila Daniell, por un electrodo de zinc, mientras que el polo positivo estaba constituido por un electrodo de platino sumergido en una solución de ácido nítrico (o “ácido azótico”, como se denominaba aquél en la época). Inmediatamente, en 1841, de la pila de Grove surgió una mejora, la pila Bunsen (figura 86), que difiere de aquella en que el polo positivo estaba constituido por una pieza de carbón vegetal. Su fuerza electromotriz era relativamente alta, de 1,9 V (la pila Leclanché presentaba 1,5V), pero su uso era incómodo, debido a los vapores nitrosos desprendidos durante su uso.

<sup>116</sup> GAMOV, GEORGE: *The great physicists: from Galileo to Einstein*. New York: Dover Publications Ins., 1988 (Op. Cit.).



**Figura 86. Pila Bunsen y elementos Bunsen.**

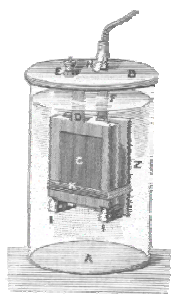


**Figura 87. Pila de Grove.**

Posteriormente algunos investigadores estudiaron la pila “de ácido azótico”, como Archeneau en 1842, Callan en 1847, Christian Schönbein (1799-1868), Hawkins, Alfred Niaudet (1835-1883), Tommasi o el mismo d'Arsonval.

En cuanto a otros tipos de pilas, citaremos en primer lugar la pila de Smée, una pila de diseño bastante simple, poco usada en general, pero de uso cotidiano en los pequeños talleres de galvanoplastia entre 1925 y 1930. La pila de Smée se componía de una cubeta cerámica que albergaba un electrolito compuesto por una disolución de 10% de ácido sulfúrico, disolución donde se introducían dos placas de zinc amalgamado y, entre ellas, a modo de *sandwich*, una placa de plata platinada (que a veces se sustituía por una placa de cobre plateado, opción más económica). El platinado era generalmente rugoso, dotando de mayor superficie al electrodo, lo cual retardaba la polarización existente en la pila de Smée. Su fuerza electromotriz era de aproximadamente 1 Voltio.

En la pila Lalande y Chaperon (figura 88), contrariamente a otras pilas precedentes, que empleaban un electrolito ácido, se utilizaba una solución concentrada de potasa; el despolarizante era óxido de cobre, comprimido como una pastilla y los electrodos se componían de una placa de zinc y de una tableta de óxido de cobre. Esta pila tenía un funcionamiento excelente, pero su fuerza electromotriz no sobrepasaba 0,9 V.



**Figura 88. Pila Lalande y Chaperon.**

Veamos ahora las pilas con despolarizante sólido, cuyo ejemplo paradigmático fue la famosa “pila Leclanché” (figura 89). En 1877, Georges Leclanché (1839-1882) construyó una pila eléctrica de fácil manejo, capaz de funcionar durante mucho tiempo. Al revés que en las pilas precedentes, poseía un despolarizante sólido, concretamente dióxido de manganeso<sup>117</sup>. Se presentaba con forma de un vaso de cristal, con dos polos metálicos de latón. Entregaba una tensión de 1,5 V y podía funcionar de forma casi permanente. Su mantenimiento era muy sencillo y sólo se reducía a observar periódicamente el nivel del electrolito.



**Figura 89. Pila Leclanché.**

---

<sup>117</sup> DARY, GEORGES: *A travers l'électricité*. Paris: Librairie Nony & Cie, 1900 (Op. Cit.), p. 6.

Un montaje en serie de varios elementos permitía aumentar la tensión eléctrica; por ejemplo, la asociación de tres elementos lograba 4,5V, tensión habitual de las linternas de bolsillo. Se montaron en serie 60 elementos o más, para conseguir “pilas de alta tensión” de 90 V, comercializados hacia 1920, que permitían una tensión suficiente para muchas aplicaciones (la electricidad requerida por los automóviles americanos de esa época se obtenía con baterías de pilas secas “Reloff” capaces de suministrar de 30 a 35 amperios).

La pila Leclanché-Barbier fue una variante de la pila Leclanché; creada en 1878, el carbón se había suprimido, siendo reemplazado por un cilindro hueco con una mezcla de peróxido de manganeso y aglomerado de grafito, sellado con goma-laca. El electrodo de zinc era su polo negativo y estaba ubicado en el centro del vaso. La pila Leclanché llegó a ser de uso habitual en iluminación (linternas), telefonía y muchas aplicaciones cotidianas.

Siguiendo con el examen de los distintos tipos de pilas, citaremos a continuación las “pilas de despolarización por aire”, como la “pila Féry”, desarrollada durante la guerra de 1914-1919, por encargo del general Ferrie, acuciado por las necesidades de la telegrafía militar. En ese momento, el dióxido de manganeso necesario en la fabricación de las pilas Leclanché, procedía de yacimientos naturales de pirolusita, mineral escaso en Francia y que hasta entonces se importaba de Alemania<sup>118</sup>. Charles Féry examinó si era posible sustituir el dióxido de manganeso por el oxígeno del aire, creando un nuevo tipo de pila “de despolarización por aire”, con la cual se podían obtener 90 amperios por hora o más. Hacia 1920, la Sociedad Gaiffe-Gallot había vendido a la Administración francesa más de 1.500.000 de estas pilas.

Veamos a continuación los valiosos ejemplares de la colección:

---

<sup>118</sup> ASSOCIATION POUR L’HISTOIRE DE L’ELECTRICITÉ EN FRANCE. Colloque, 8ª ed., París, 1995, AHEF, O.L.

Tubo de descarga [MFH sn] (figura 90). Foto número: 333. Se trata de un tubo de ensayo, tapado con corcho y relleno de finas láminas conductoras, cuyas medidas son: 15,1 cm de altura, 1,2 cm de ancho y 1,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: tubo de vidrio, tapón de corcho, y láminas finas metálicas en el interior del tubo. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 90. Tubo de descarga [MFH sn].**

Pila seca [MFH 1046] (figura 93). Foto número: 304. Son sus medidas: 23,0 cm de altura, 8,0 cm de ancho y 8,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, vidrio, interior de dicromato potásico. Respecto a su estado de conservación, se encuentra bastante oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el

Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento perteneció a Universidad Central de Madrid<sup>119</sup>, Facultad de Farmacia, concretamente a la cátedra de Química Orgánica. Este modelo está basado en la pila que Volta desarrolló en 1800<sup>120, 121</sup> con el fin de reproducir y rectificar los experimentos y teorías de Galván; el instrumento o pila de Volta fue el primer aparato que desarrolló electricidad de manera continua<sup>122</sup>. La pila consta de una columna cilíndrica formada por discos de cobre y cinc colocados alternativamente. El conjunto de cada dos discos sucesivos y superpuestos de cobre y cinc reciben el nombre de “par electromotor”. Estos pares están separados por superficies de paño, que se mojan con ácido sulfúrico diluido. El conjunto está sostenido verticalmente por tres cilindros macizos de vidrio y en la parte inferior se encuentra un disco aislante de vidrio. Cuando la pila está en uso, el extremo superior se carga positivamente (defecto de electrones) y el inferior negativamente (exceso de electrones, por producirse en él), dando lugar a los polos positivo y negativo. Cuando se ponen en contacto ambos polos a través de un cuerpo conductor, se produce una descarga eléctrica. La electricidad se produce por el simple contacto de dos metales heterogéneos en el seno de

<sup>119</sup> En 1943, como consecuencia de la reforma educativa de este año, la Universidad Central empezó a ser denominada “Universidad de Madrid”, aunque oficialmente mantuvo su nombre de “Universidad Central”. En 1970, como consecuencia de la reforma educativa de este año, la Universidad de Madrid tomó el nombre definitivo de “Universidad Complutense de Madrid”

<sup>120</sup> El 20 de marzo del año 1800 Alessandro Volta comunicó por carta al presidente de la Royal Society de Londres la primera noticia de su invento: la “*pila a colonna*” (conocida hoy en día como “pila de Volta”). Posteriormente, en el año 1801, Volta a requerimiento de Napoleón presenta en París su invento y lee su Disertación sobre la identidad del fluido eléctrico con el galvánico. Napoleón, en reconocimiento a sus aportaciones científicas, le otorgó el título de Conde nombrándole además Senador del Reino. Así pues, recientemente se ha vivido el bicentenario de la creación de la pila de Volta.

<sup>121</sup> BELLODI, G.: *Guida alla mostra “strumenti di mistura elettici del Museo per la Storia dell’Università de Pavia”*. Pavia Università degli Studi di Pavia, 1990 (Storia delle Scienze, Serie Rossa).

<sup>122</sup> Alessandro Volta (figura 91), nacido en Como en 1754, pronto se interesó e investigó uno de los fenómenos más famosos en su época: la electricidad. En 1774 fue elegido profesor de Física en el Colegio Superior de Como y, tan sólo, un año más tarde inventó el electróforo. Este invento provocó que su fama se extendiera muy rápidamente y que en 1779 se le asignara la cátedra de la Universidad de Pavia donde prosiguió sus trabajos sobre la electricidad. Inventó otros aparatos como el electroscoPIO condensador o el eudiómetro y todo ello llevó a que más adelante fuera elegido miembro de la Royal Society de Londres. Pero el trabajo que más fama le ha dado está relacionado con la corriente eléctrica. Galvani había comprobado previamente que un anca de rana podía experimentar contracciones cuando se colgaba de un hilo de latón con un contrapeso de acero. A partir de los experimentos de Galvani, Volta comprobó que el efecto era debido a la presencia de los dos metales y que poniendo en contacto esos dos metales, u otros, se podía obtener una corriente eléctrica. Sus investigaciones le llevaron a concluir que algunas combinaciones de metales producían mayor efecto que otras y, con sus mediciones, hizo una nómina del orden de eficacia. Es el origen de la serie electroquímica que se utiliza hoy en día en química.

una disolución de un electrolito. El uso de esta pila resultó engorroso y poco cómodo; el mismo Volta, basándose en el mismo principio, ideó la “pila de tazas” o “pila de corona”, dejando el presente modelo en desuso. Volta inventó una serie de aparatos capaces de producir un flujo eléctrico, para lo cual utilizó recipientes con una solución salina conectados a través de arcos metálicos. Conectando varios de esos recipientes consiguió la primera batería eléctrica de la historia. Para reducir las complicaciones inherentes a la necesidad de utilizar soluciones, empezó a utilizar pequeños discos redondos de cobre y cinc y otros de paño o cartón en agua acidulada, uniéndolos para formar una secuencia cobre – cinc – paño – cobre – cinc – paño..., todos ellos *apilados* formando una columna (figura 92). Cuando unía los extremos de la “pila” mediante un hilo conductor, al cerrarse el circuito se obtenía una corriente eléctrica. La pila de Volta<sup>123</sup> despertó un gran entusiasmo entre los científicos de su época y sirvió de impulso para los experimentadores de toda Europa<sup>124</sup> y sirvió de base para los trabajos químicos de Davy y para el estudio de los fenómenos electromagnéticos que hizo Faraday. En los doscientos años que han transcurrido desde entonces se han construido muchos modelos de pilas, pero todas ellas se basan en el mismo principio que la pila de Volta.



**Figura 91. Alessandro Volta (1754-1827).**

---

<sup>123</sup> BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6<sup>a</sup> ed., Paris: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834. (Op. Cit.) p. 315.

<sup>124</sup> Casi inmediatamente se descubrió que la corriente eléctrica podía descomponer el agua.



**Figura 92. Pila de Volta, acepción homónima de “pila seca”.**



**Figura 93. Pila seca [MFH 1046].**



Pila de Latimer Clark<sup>125,126</sup> de 4V [MFH sn] (figura 94). Foto número: 166. Este aparato fue fabricado por la casa *F. H. Hellige & Co*, en la ciudad de Freiburg, Alemania.

<sup>125</sup> Josiah Latimer Clark, inventor de la pila Clark, también llamada “celda Clark”, nació en Great Marlow, el 10 de Marzo de 1822 y murió el 30 de octubre de 1898.

<sup>126</sup> Como muchos científicos de a época, Josiah Clark fue más ingeniero que químico. Trabajó mucho en colaboración con su hermano Edwin, que sí era ingeniero. Trabajó en el Centro *Britannia Tubular Bridge*, en Gales, en 1847 y al año siguiente marchó como adjunto al Centro *Menai Straits Bridge*. Josiah Latimer Clark inventó la “doble campana” del telégrafo y así pudo formar una compañía que recibió el encargo de fabricar y tender 100.000 millas de cable submarino a través de todos los continentes. Josiah Latimer Clark fue ingeniero eléctrico, participó en el desarrollo de la telegrafía sin cable y, especialmente, en el cable trasatlántico Anglo-Americano. Desarrolló la conocida pila que lleva su nombre “pila Clarke”, un estándar electroquímico. Josiah Clark nació en Great Marlow en 1822; posiblemente adquirió su afición científica cuando entró a trabajar como aprendiz en una compañía fabricante de productos químicos en Dublin. Sin embargo, como era corriente en su tiempo, Josiah Clark fue más ingeniero que químico. En 1845 se graduó y, gracias a su hermano Edwin, llegó a ser adjunto del famoso (por el ferrocarril) Robert Stephenson, en la Compañía Ferroviaria *Britannia Bridge*. Fue entonces cuando estableció contacto con Ricardo, fundador de la Compañía de Telégrafos Eléctricos “*Electric Telegraph Company*”, para marchar a esa compañía como ingeniero en 1850. Cuatro años más tarde, era jefe de ingenieros, en 1854, posición donde estuvo hasta 1861, cuando se asoció con Charles T. Bright. Durante esos años, llevó a cabo creaciones originales; en 1853, halló que los cables insulados producían retardo en la corriente eléctrica, con independencia de su potencia.

Uno de los trabajos más conocidos de Clark fue la patente de un sistema neumático para transportar cartas y paquetes. En efecto, los tubos neumáticos fueron inventados por George Medhurst en 1810. Pensó inicialmente que podían servir para transportar personas en cápsulas internas, con raíles también internos ¡como el suburbano! Llegó a la conclusión de que a las personas no les agradaría “viajar” dentro de un tubo y diseñó el ferrocarril “atmosférico”. Josiah Latimer Clark popularizó el sistema neumático como alternativa al ya sobrecargado sistema de telégrafos inglés, que databa de la época victoriana. Hacia 1840, el volumen de mensajes telegráficos entre cortas distancias, principalmente dentro de la misma ciudad de Londres, era tal que los operadores manuales, con su código Morse, se encontraban sobresaturados. Clark propuso la interesante solución de construir un sistema bajo tierra que podría enviar cilindros huecos, donde se podrían ubicar muchos mensajes escritos o cartas. Las primeras versiones de los tubos neumáticos fueron accionadas por sistemas de vapor. La primera mitad del siglo XIX contempló una súbita aceleración de las comunicaciones gracias a la introducción del telégrafo eléctrico, cuya principal y prosaica aplicación era la información de la Bolsa, aunque la principal pérdida de tiempo no se hallaba en el mismo telégrafo, sino en el tiempo que transcurría entre la oficina de telégrafos y la Bolsa o viceversa. Para subsanar tal retardo, en 1853 J. Latimer Clark instaló un tubo neumático de 220 yardas y 1,5 pulgadas de diámetro que conectaba la Bolsa de Londres (en Threadneedle Street) con la Estación Central en Lothbury, donde la Compañía de Telégrafo Eléctrico se había incorporado en 1846. Accionados por una fuente de vapor dentro del tubo neumático, los receptáculos con la información se movían a la velocidad de 20 pies por segundo. Hubo instalaciones similares en Berlín en 1865 (también entre la Bolsa y la Oficina Central de Telégrafos) y en 1866 en París, en las inmediaciones de la plaza de la Bolsa. Los ingenieros J. Latimer Clark y T. W. Rammell formaron la “Compañía de Envíos Neumáticos” (*Pneumatic Despatch Company*) que, con un tubo subterráneo, efectuó una demostración en Battersea in 1861. Tal línea “podía” cargar vagones de hasta tres toneladas, que, incluso, podían albergar algunos pasajeros. El tubo era ya de 30 pulgadas de diámetro y se encontraba despresurizada a menos de 0,025 atmósferas. La compañía operó hasta 1874, cuando el costo no justificaba la rapidez aportada. Continuando con sus trabajos telegráficos y ya en unión con Michael Faraday, Latimer Clark y éste acometieron experimentos para comprobar el efecto dieléctrico dentro del tubo neumático. En uno de sus experimentos, Clark y Faraday usaron ocho líneas telegráficas de 20 millas entre Londres y Manchester, un total de 1.600 millas. Las líneas se conectaron de tal forma que todas las medidas se podrían realizar en Londres. En 1856 Josiah Latimer Clark inventó y patentó la famosa “doble-campana” para telégrafo y formó una compañía que, con el tiempo, iba a tender 100.000 millas de cable submarino por todo el globo. En 1858, Latimer y Bright produjeron el material llamado “compuesto de Clark”, de gran valor para proteger los cables submarinos en el agua del mar. En 1859, Clark fue

Son sus medidas: 11,5 cm de altura, 9,9 cm de ancho y 6,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: soporte de madera, tubos de vidrio, tapones de goma, hilos de platino, bornes cerámicos, abrazadera metálica. Su estado de conservación es muy bueno, aunque faltan las soluciones internas. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. La pila Clark posee un ánodo con amalgama de zinc y un cátodo con mercurio, conteniendo ambos una solución saturada de sulfato de zinc para así garantizar una fuerza electromotriz (estándar) de 1,4345 V a 15°C. En cuanto al origen de esta pila Clark, en 1873 vio la luz el extenso artículo “*New Standard Of Electromotive Power*”; esa fuente electromotriz estándar era, por supuesto, el elemento actualmente conocido como pila patrón de Clark. Cuando se trabaja con un potenciómetro, es preciso disponer de una celda “normal” o “estándar” de potencial conocido y constante. Las dos celdas utilizadas universalmente con tal fin, fueron propuestas anteriormente por Latimer Clark y por Edward Weston, pero la fecha aceptada de la invención de la “Célula-Pila” de Clark fue 1872. Consistía ésta en dos electrodos de

---

nombrado ingeniero de la Compañía de Telégrafos Atlántica, que intentó el cable Angloamericano en 1865. Latimer, junto a Sir C. T. Bright, quien había tomado parte en la primera expedición de cable atlántico Clark tendió un cable para el gobierno hindú en el Mar Rojo, para establecer el telégrafo en India. En 1886 cesó su colaboración y en 1869 Clark marchó al Golfo Pérsico a tender allí un segundo cable. Luego, Clark llegó a ser el director de una firma de electricidad: “*Clark, Forde and Company*”, en la que posteriormente trabajarían Hockin y Herbert Taylor. Clark también fue director de la firma de fabricación eléctrica *Messrs. Latimer Clark, Muirhead and Co.*, ubicada en Regency Street, Westminster.

Clark fue un brillante ingeniero que produjo varias realizaciones conocidas; trabajó en campos muy diversos, pero nunca en vano. En 1868 publicó su obra “*Medidas Eléctricas*” (*Electrical Measurements*) y en 1871, junto a Robert Sabine, “*Electrical Tables And Formulae*”, verdadero vademécum para los electricistas. Latimer Clark también diseñó en 1882 un telescopio invertido que, en la actualidad, lleva el nombre de su creador, para “obtener la hora exacta y ajustar relojes observando el movimiento de los cuerpos celestes”. Latimer Clark fue numerario de la Real Sociedad de Londres, así como miembro de la Institución de Ingenieros Civiles, la Real Sociedad de Astronomía, la Sociedad de Física, etc., y fue elegido Presidente de la Sociedad de Ingenieros y Electricistas de Telégrafos, actualmente Institución de Ingenieros Eléctricos. La noción de voltio fue introducida por Josiah Latimer Clark. El Voltio es una unidad de potencial eléctrico, diferencia de potencial y fuerza electromotriz en el Sistema Internacional (SI) o sistema metro-kilogramo-segundo; es igual a la diferencia en potencial entre dos puntos en un conductor por el que circula una corriente de un amperio cuando la potencia disipada entre los puntos es un vatio. Un equivalente es la diferencia de potencial a lo largo de una resistencia de un ohmio cuando lo atraviesa una corriente de un amperio. El “voltio” se llama así en honor del físico italiano Alessandro Volta. Sus unidades son definidas por la ley de Ohm, donde resistencia es igual al cociente de potencial dividido por corriente, y sus unidades respectivas son ohmio, voltio y amperio, utilizadas universalmente para expresar magnitudes eléctricas. Clark fue, finalmente, un gran amante de los libros y de los jardines, dos aficiones contrapuestas aparentemente. A lo largo de su vida formó una formidable biblioteca de obras de electricidad, legada a la ya citada Institución de Ingenieros Eléctricos de Inglaterra.

amalgama de mercurio y zinc en una solución saturada de sulfato de zinc; ello fue una gran mejora de la pila Daniell, cuyas dos grandes limitaciones o imperfecciones eran su gran coeficiente de temperatura,  $-0.00115 \text{ V/}^\circ\text{C}$ , y fragilidad de las conexiones de platino emergentes del vidrio. La figura 94 muestra la pila Clark, donde el polo positivo es mercurio, en contacto con una pasta de sulfato mercurioso ( $\text{Hg}_2\text{SO}_4$ ), mientras que el polo negativo es una amalgama de zinc en contacto con una solución saturada de sulfato de zinc. Lord Rayleigh investigó una variante de la pila Clark en 1885 y estableció que la fuerza electromotriz (f.e.m.) a cualquier temperatura es  $E_T = E_{15} (1 - 0,00077(T - 15))$ , lo cual representa un voltaje de 1,434 voltios a  $15^\circ \text{C}$ , cálculo que posteriormente se demostró relativamente impreciso (por alto) en un 1%<sup>127</sup>. Otras mejoras de la pila Clark fueron las debidas a Kahle. La pila Weston tiene una estructura análoga a la pila Latimer Clark<sup>128</sup> y está formada por un tubo para gas hidrógeno, en cuya parte inferior hay dos hilos de platino, prolongados hasta el interior del tubo, que conforman respectivamente los terminales positivo y negativo. El hilo de platino que actúa como terminal negativo posee en su parte interna una amalgama de cadmio (una parte de cadmio por siete de mercurio), mientras que el terminal positivo se halla a su vez recubierto por mercurio metálico y por una pasta de sulfato de mercurio. El recipiente contiene una solución saturada de sulfato de cadmio con exceso de cristales no disueltos.

---

<sup>127</sup> La f.e.m. correcta es 1,4328 V, según las Leyes internacionales de Medidas Eléctricas de 1917.

<sup>128</sup> La primera pila de determinación potenciométrica fue la pila no polarizable Latimer-Clark (1873). Luego, fue prácticamente sustituida por la pila Weston (1893), cuya tensión era prácticamente independiente de la temperatura.



**Figura 94. Pila de Latimer Clark de 4 V [MFH sn].**

Pila de dicromato potásico [MFH 980] (figura 95). Foto número: 306. Son sus medidas: 25,0 cm de altura, 12,5 cm de ancho y 12,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: su componente interno con los dos electrodos es de metal poroso, con un tubo hueco en su parte central, vidrio y metal. En cuanto a su estado de conservación, las placas de los electrodos se encuentran arqueadas en sentido divergentes, lo cual impide extraer los componentes internos. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este aparato procede del Laboratorio de Técnica Física de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 95. Pila de dicromato potásico [MFH 980].**

Pila de dicromato potásico [MFH 1023] (figura 96). Foto número: 307. Son sus medidas: 30,2 cm de altura, 12,3 cm de ancho y 12,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: su componente interno con los dos electrodos es de metal poroso, con un tubo hueco en su parte central, vidrio y metal. Respecto a su estado de conservación, se halla parcialmente oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid; procedía de la cátedra de Técnica Física de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 96. Pila de dicromato potásico [MFH 1023].**

Pila de dicromato potásico [MFH 2619]. Son sus medidas: 31,5 cm de altura, 16,5 cm de ancho y 16,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: su componente interno con los dos electrodos es de metal poroso, con un tubo hueco en su parte central, vidrio y metal. Su estado de conservación es deficiente, pues el vaso está bastante roto en su parte inferior. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. De este instrumento no existe figura ni foto, pues, como queda dicho, se encontraba bastante roto, con el vaso de cristal roto por innumerables grietas y, ante la posibilidad (alta) de que pudiese romperse al cogerlo para realizar la foto, se optó con buen criterio por dejarlo en su estantería del Museo de la Farmacia Hispana, sin realizar la foto; procedía de la cátedra de Técnica Física de la Facultad de Farmacia de Madrid.

Pila de dicromato potásico [MFH 3063] (figura 97). Foto número: 305. Data del siglo XIX y son sus medidas: 18,7 cm de altura, 8,3 cm de ancho y 8,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: su componente interno con los dos electrodos es de metal poroso, con un tubo hueco en su parte central, vidrio y metal, vidrio, metal. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento procedía de la cátedra de Técnica Física de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 97. Pila de dicromato potásico [MFH 3063].**

Pila con electrodos de grafito [MFH sn] (figura 98). Foto número: 169. Son sus medidas: 18,0 cm de altura, 7,7 cm de ancho y 7,7 cm de fondo. Los materiales con los que es-

te instrumento se halla construido son: vidrio, tapa cerámica, metal para la conducción eléctrica, dos elementos externos de grafito y uno intermedio metálico, abrazadera de latón. Su estado de conservación es excelente, con la abrazadera de latón parcialmente oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 98. Pila con electrodos de grafito [MFH sn].**

Elemento de Grenet<sup>129</sup> (piróforo o lámpara de Dörebeiner) [MFH 1003] (figura 99). Foto número: 319. Este aparato fue fabricado por la casa *Dörebeiner, J. W.*, en la ciudad de

---

<sup>129</sup> En 1856, en París, el francés Georges Grenet mejoró la pila de Bunsen, eliminando el ácido nítrico. La nueva pila usaba un electrodo de zinc / carbón inmerso en una solución de bicromato potásico en ácido sulfúrico



París, Francia. Originario del siglo XIX<sup>130</sup>, son sus medidas: 24,5 cm de altura, 9,5 cm de ancho y 9,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: cerámica y metal. Su estado de conservación es externamente muy bueno, pero internamente deficiente. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid y podía utilizarse como lámpara de gas sin chispa, que era encendida catalíticamente por gas<sup>131</sup>. La pila de Grenet era un contenedor que albergaba en su interior un ácido y fue habitualmente utilizada como fuente primaria de potencia eléctrica en los carretes o espiras de inducción eléctricas<sup>132</sup>.

---

<sup>130</sup> TEYLER MUSEUM (HAARLEM): *Physical cabinet. The practice of science in the nineteenth century*. Haarlem: Teyler Museum, 1996 (Op. Cit.).

<sup>131</sup> Lámparas de gas ya eran conocidas desde antiguo, pues los antiguos códigos de Egipto y Persia hablan de explosiones de gases combustibles que brotaban a través de las fisuras de la tierra. Los chinos usaban al gas como fuente de iluminación muchos siglos antes de la era cristiana; extraían al gas de yacimiento subterráneos por medio de tubería de bambú y lo usaban para iluminar las minas de sal y edificios de la provincia de Szechuan. En 1664, John Clayton descubrió en el norte de Inglaterra un pozo de gas y lo extrajo por destilación. En 1784, Jean Pierre Mincklers produjo luz por primera vez con gas mineral; la primera instalación de luminarias de gas, la uso William Murdock en 1784 para iluminar su casa en Inglaterra. Posteriormente, se iluminaron almacenes, a los cuáles se conducía el gas por medio de conductos de metal. A pesar del temor público por la seguridad del gas, F. A. Windsor instaló por primera vez luminarias en las vías públicas de Londres. Windsor, se conoce como el precursor de las instalaciones de alumbrado de gas. Este sistema de alumbrado se adoptó en muchas ciudades de países europeos y americanos pero finalmente fue sustituido por la electricidad durante el siglo XX.

<sup>132</sup> La pila de Grenet superó los inconvenientes debidos al uso del ácido nítrico, lo cual fue determinante para su difusión y su acceso a un gran número de aplicaciones, incluyendo iluminación y el telégrafo.



**Figura 99. Elemento de Grenet [MFH 1003].**

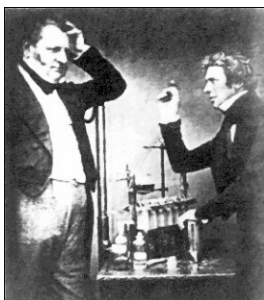
Dos pilas de Daniell o semielectrodos de gases [MFH 4160] (figura 101). Foto número: 309. Datos del semielectrodo de la derecha: posee medidas de 7,8 cm de altura, 13,2 cm de ancho y 1,9 cm de fondo; se halla construido en vidrio, con conectores de platino. Datos del semielectrodo de la izquierda: posee medidas de 7,7 cm de altura, 20,6 cm de ancho y 2,2 cm de fondo, construido en vidrio, con los conectores de platino. En el momento de la foto, ambas se encontraban en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid y procedían de la cátedra de Técnicas Instrumentales de la misma Facultad. A pesar de la invención de los primeros generadores electromagnéticos, la electricidad se seguía generando mayoritariamente a partir de la ener-

gía química de las pilas; en 1836 John Daniell<sup>133</sup> (1790-1845) consiguió fabricar pilas con una mayor estabilidad y duración. A comienzos de la década de 1830, Daniell se interesó vivamente por la obra de Michael Faraday (figura 100) y la electroquímica se volvió su principal línea de investigación. Era entonces un hecho (y un problema) el que la pila de Volta no pudiese funcionar durante un periodo de tiempo dilatado; Sturgeon trabajó en este problema y en 1830 produjo una batería de mayor duración que la de Volta, utilizando amalgama de zinc. El principal problema causante de la corta vida de las baterías era la delgada capa de hidrógeno, en forma de burbujas, que se formaba sobre el electrodo positi-

---

<sup>133</sup> Este meteorólogo inglés, inventó la pila que lleva su nombre “pila Daniell”, un importante descubrimiento y mejora sobre la pila voltaica. John Frederic Daniell nació en Londres, el 12 de marzo de 1790; hijo de un abogado, tuvo una esmerada educación en una escuela privada. Luego recibió el grado honorario en la Universidad de Oxford. Al completar sus estudios en la escuela, adquiriendo una buena base tecnológica, comenzó a trabajar en una refinería de azúcar, donde mejoró las operaciones técnicas y los procesos. Tras ello, dejó la refinería y se dedicó a la enseñanza y a la investigación, pues fue profesor de física de la Universidad de Edimburgo, en Escocia; Daniell tenía solo 23 años. En 1823, fue elegido miembro de la Real Sociedad de Londres. Además de las clases de física, trabajó como químico en esa Universidad, al tiempo que realizaba trabajos sobre meteorología. Combinó todas estas tareas con la dirección de la Compañía Continental de Gas Company, en 1817, donde Daniell desarrollaría nuevos procesos en el campo de los gases. Sus investigaciones le permitieron en 1820 crear un higrómetro (que hoy lleva su nombre) para medir la humedad relativa, instrumento que enseguida se convirtió en un equipo habitual en meteorología. En 1823, Daniell publicó el libro “Ensayos Meteorológicos” (*Meteorological Essays*), obra que pronto fue muy popular. Su interés por la atmósfera llevó a Daniell a mejorar una planta de calor para el crecimiento de las hortalizas. Daniell fue el primer investigador que utilizó las leyes de la Física para intentar explicar los fenómenos atmosféricos. Por sus trabajos, le fue concedida una medalla de plata de la Sociedad de Horticultura en 1824. En 1830, Daniell inventó un pirómetro para medir calor. Sus investigaciones químicas le llevaron a producir gas a partir de resinas. En 1830 inventó un nuevo barómetro. Fue el primer profesor de química y meteorología del nuevo *King's College* de Londres, donde trabajó desde 1831 hasta 1845 y donde era responsable del departamento de Ciencia Aplicada. En 1832, fue distinguido con la Medalla Rumford de la Real Sociedad de Londres, por su anterior creación del pirómetro. Sin embargo, Daniell es más conocido por sus trabajos en electroquímica, muchos de ellos junto a su amigo Faraday. En efecto, Daniell fue amigo y admirador de Michael Faraday, a quien en 1839 dedicó su libro “Introducción al Estudio de la Filosofía Química” (*Introduction to the Study of Chemical Philosophy*). Por sus trabajos en la pila que lleva su nombre (pila Daniell), éste fue galardonado en 1837 con la Medalla Copley de la Real Sociedad de Londres. Las investigaciones de Daniell le llevarían a finales de la década de 1830 a dedicarse a la aplicación de la pila Daniell en el telégrafo; la pila Daniell fue universalmente utilizada hasta la aparición de la pila Leclanché en 1868. En 1839, Daniell experimentó con la fusión de los metales y produjo un arco eléctrico tan rico en rayos ultravioleta que pareció, durante unos momentos, un sol artificial y afectaron seriamente la vista de Daniell y de los asistentes. En 1841, Daniell llegó a ser miembro fundador y vicepresidente de la Sociedad de Química de Londres. Fue autor de numerosos artículos, publicados en prestigiosas revistas científicas. Mientras trabajaba sobre electrolisis, halló que los ácidos y las bases no son iones. Daniell fue un buen dibujante, filósofo, participante en tertulias, docente y escritor. Daniell se casó y fue padre de cinco niñas y de dos niños. Mientras asistía a una reunión de la Real Sociedad el 15 de marzo de 1845, sufrió un infarto y murió a la edad de 55 años. (Consultar: ANDERSON, R. G. W: *Hand list of scientific instrument makers trade catalogues*. Edinburgh: National Museums of Scotland, 1990, MIDDLETON, W. E. KNOWLES: *Invention of the meteorological instruments*. Michigan: University Microfilms International, 1991 y BANFIELD, EDWIN: *Barometer makers and retailers, 1660-1900*. Wiltshire: Baros Books, 1991).

vo y que causaba el aumento de la resistencia interna que reducía a su vez la fuerza electromotriz generada, proceso hoy conocido como polarización. Daniell comenzó sus experimentos en 1835 y en 1836 inventó una pila primaria donde el hidrógeno era eliminado: Daniell había resuelto el problema de la polarización. La pila de Daniell consiste en una vasija de cobre cilíndrica, que es el polo inerte, dentro de un recipiente de cristal; situado en el interior de la vasija hay una masa porosa de arcilla, una barra de zinc o polo activo. Entre el cobre y la zona porosa se sitúa una solución de sulfato de cobre saturado (que se mantiene saturado añadiendo cristales de la sal). La pila Daniell garantiza un potencial constante de 1,11 voltios y una larga vida.



**Figura 100. Daniell y Faraday<sup>134</sup>.**

---

<sup>134</sup> FRANK, A. J. L. y STEVENAGE, JAMES, editores: *The correspondence of Michael Faraday*. Six Hills Way: Institution of Electrical Engineers, 1993.



**Figura 101. Dos pilas Daniell [MFH 4160].**

Pila Daniell o tubo de descarga [MFH sn] (figura 102). Foto número: 308. Este instrumento fue distribuido por la casa *M. Álvarez, material científico*, sita en la calle Mayor 19, en la ciudad de Madrid, España, teléfono número (el cual ayudará a ubicar la fecha de venta del instrumento) 4050. Son sus medidas: 51,2 cm de altura, 15,7 cm de ancho y 12,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: base de madera, vidrio, conectores de metal. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, procedente de la cátedra de Técnicas Instrumentales de la misma Facultad. La tensión medida en el terminal de una pila cuando se halla unida a un circuito externo, depende del tipo de pila utilizada: una pila Daniell presenta una tensión de aproximadamente 1 V, mientras que una pila Leclanché presenta una tensión aproximada de 1,05 V.



**Figura 102. Pila Daniell o tubo de descarga [MFH sn].**

Electrodo de calomelanos [MFH sn] (figura 103). Foto número: 246. Son sus medidas: 12,5 cm de altura, 8,5 cm de ancho y 1,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: cristal, goma, calomelanos, metal. Su estado de conservación es regular, requiere limpieza y el elemento está muy oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 103. Electrodo de calomelanos [MFH sn].**

Piezas de vidrio de electrodos<sup>135</sup> [MFH sn] (figura 104). Foto número: 252. De las tres piezas, la de la derecha tiene como medidas 8,0 cm de altura, 5,3 cm de ancho y 1,4 cm

---

<sup>135</sup> Los primeros pH-metros contenían electrodos de hidrógeno, lo que suponía el empleo de gas hidrógeno con un elevado grado de pureza y difícil manejo. Los electrodos de vidrio, que permitieron superar este problema, fueron diseñados y estudiados ya a finales del siglo XIX pero sólo en los años veinte del siglo siguiente aparecieron los estudios que permitieron su aplicación a la medición del pH. En estos trabajos, se puso de manifiesto las múltiples variables que debían ser tenidas en cuenta en este proceso, tales como la naturaleza del vidrio, el proceso de fabricación, la influencia de los otros iones presentes en la disolución o el grosor del vidrio necesario, de modo que se introdujeron las bases para la aceptación de este electrodo como un instrumento aceptable para la medición del pH. La combinación de estos electrodos de vidrio con los potenciómetros de válvula de vacío permitió la amplia difusión de los pH- metros en los laboratorios, gracias a la labor de fabricantes como Arnold O. Beckman, profesor californiano que desarrolló un modelo portátil y poco costoso a mediados de los años treinta del siglo XX, lo que le permitió transformarse en el principal fabricante de instrumentos de este tipo en las décadas siguientes. El modelo G de pH-metro se transformó en uno de los primeros éxitos comerciales de los *National Technical Laboratories*, la empresa donde trabajaba Arnold Beckman, que comenzó a comercializar la serie G a partir de 1937 .

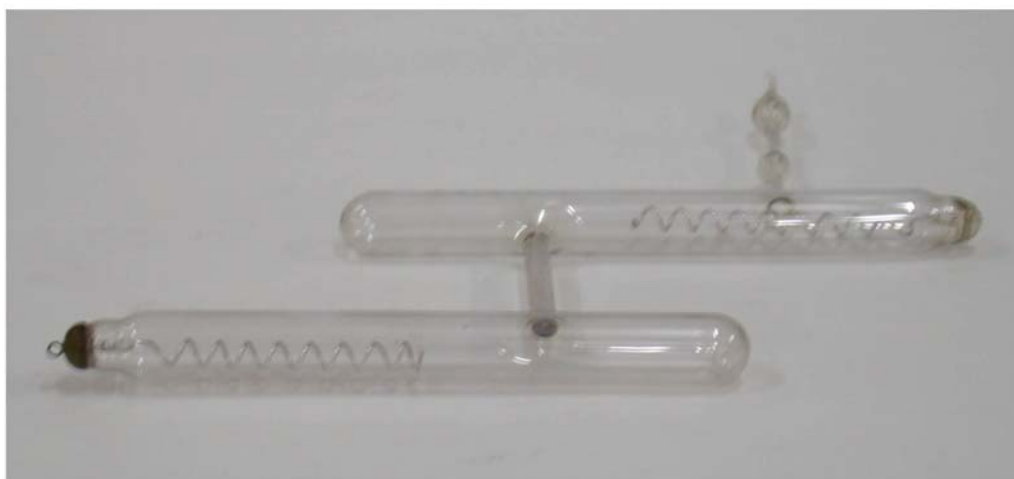
de fondo y está construido en vidrio; su estado de conservación malo, pues está roto. Respecto a la pieza izquierda, son sus medidas: 8,0 cm de altura, 8,7 cm de ancho y 1,4 cm de fondo, los materiales en los que se halla construida son de vidrio y su estado de conservación es bueno. En cuanto a la pieza central, son sus medidas: 11,3 cm de altura, 9,8 cm de ancho y 3,8 cm de fondo, sus materiales de construcción son de vidrio y su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, las tres piezas se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 104. Piezas de vidrio de electrodos [MFH sn].**



Electrodo de hidrógeno [MFH sn] (figura 105). Foto número: 311. Son sus medidas: 16,9 cm de altura, 23,3 cm de ancho y 1,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio, conectores de platino. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 105. Electrodo de hidrógeno [MFH sn].**

Las técnicas potenciométricas o potenciometría son una de las más extendidas en cualquier laboratorio de análisis, ya sea de investigación, rutina (control de calidad) o docencia. El fin de las técnicas potenciométricas es determinar la concentración de un electrolito (ion en disolución) mediante el uso de electrodos sensibles, cuyo potencial varía con la concentración

del electrolito que se oxida o reduce. La potenciometría utiliza pilas electroquímicas, que constan de electrodos o semipilas. El uso más generalizado de la potenciometría es la determinación del pH, midiendo el potencial eléctrico de una pila. Desde 1906 se utilizan electrodos de membrana, que permiten el paso selectivo de ciertos iones; el más utilizado es el de vidrio, sensible al pH, fabricado con un vidrio especial (vidrio Corning), aunque existen otros electrodos de vidrio sensibles a otros iones. Los pH-metros buscan estimar el carácter ácido o básico de una sustancia o pH, concepto es relativamente moderno, aunque la división entre sustancias ácidas y sustancias básicas o álcalis es una de las clasificaciones más antiguas de la historia de la química<sup>136</sup>. Las reacciones entre sustancias ácidas y sustancias básicas atraeron desde hace siglos la atención de los químicos, quienes fijaron ciertos procedimientos para investigar el carácter ácido o básico de una sustancia, junto con múltiples interpretaciones teóricas sobre el origen de sus propiedades: sabor, capacidad para provocar cambios de color en unas sustancias de origen vegetal o “indicadores de pH”.

En realidad, el concepto de “pH” fue introducido con posterioridad al uso de los indicadores y en su origen se relacionó con la teoría iónica de Svante Arrhenius (figura 106), de finales del siglo XIX. A principios del siglo XX, Søren Peter L. Sørensen<sup>137</sup> (figura 107) introdujo la noción de pH<sup>138</sup> como una función logarítmica relacionada con la concentración de cationes de hidrógeno ( $H^+$ ), según la expresión:  $pH = -\log [H^+]$ . Así, resultó posible introducir una sencilla escala de acidez: si el pH es 7, la disolución es neutra, si es inferior a 7 ácida y cuando es mayor a 7, básica. Junto con el desarrollo de los métodos colorimétricos, a principios del siglo XX se introdujo también el empleo de las células electroquímicas para determinar el pH de las disoluciones, células que consisten en dos electrodos que se introducen en una disolución para formar un circuito eléctrico, cuyo potencial depende de la concentración y naturaleza de los iones de la disolución y, en un pH-metro, de los iones  $H^+$ .

<sup>136</sup> LATINEN, HERBERT A. y EWING, GALEN W: *A history of Analytical Chemistry*. New York: The Division of Analytical Chemistry of the American Chemical Society, 1977.

<sup>137</sup> Las medidas de pH fueron empleadas por primera vez por el bioquímico danés Søren Peter L. Sørensen (1868-1939), para representar la concentración de iones hidrógeno, expresada en equivalentes por litro, en solución acuosa, en la forma  $pH = -\log[H^+]$ .

<sup>138</sup> Las dos letras del símbolo “pH” son más acrósticas de “*pondus hydrogenii*” (hidrógeno potencial), e indican la acidez, como medida de la presencia de iones ( $H^+$ ) o protones. Sørensen se estima como el creador del concepto moderno de pH.



**Figura 106. Svante Arrhenius.**



**Figura 107. Søren Peter L. Sørensen (1868-1939).**

El desarrollo de los pH-metros estuvo relacionado con la mejora de elementos básicos, como galvanómetros de alta sensibilidad, fuentes electromotrices estandarizadas, células electroquímicas y electrodos adecuados. Algunas de las primeras células electroquímicas fueron propuestas por Poggendorff y Wheatstone hacia 1840, mucho antes del desarrollo de la teoría iónica de las disoluciones. La obtención de fuentes electromotrices estables se consiguió a finales del siglo XIX, pero la medida de las variables eléctricas de los circuitos continuó siendo complicada, imprecisa y costosa hasta el desarrollo de los voltímetros que empleaban las nuevas válvulas de vacío, los diodos o triodos. Los nuevos dispositivos eléctricos fueron mejorados por la creciente demanda de las telecomunicaciones. Su aplicación a las medidas electroquímicas comenzó hacia 1920 y, aunque en muchos procesos es importante controlar la acidez, a comienzos del siglo XX los analistas y químicos solo disponían de indicadores químicos y rara vez utilizaban la escala de pH. El primer instrumento utilizado con unas ciertas garantías operativas fue el “pHmetro electrónico”, creado en 1934 por Arnold O. Beckman (figura 108). Intentó Beckman involucrar a varias compañías

en su comercialización, con escaso éxito y, ante sus negativas, formó en 1935 la empresa “*National Technical Laboratories*”, con sede en Pasadena, California, donde vio la luz el primer pHmetro comercial; con el tiempo, la empresa se convertiría en la actual *Beckman Instruments*<sup>139</sup>, con sede en Fullerton, también en California. Actualmente existen pHmetros analógicos (medidor de aguja), digitales (medidor numérico), de campo (con batería, portátiles), micro (para muestras mínimas) y de flujo continuo (para aplicaciones tan diversas como medidas en flujo continuo, en procesos industriales o en clínica).



**Figura 108. Arnold Beckman con su “acidímetro”, construido en 1934.**

Potenciómetro [MFH sn] (figura 109). Foto número: 117. Este aparato fue fabricado por la casa *Vereinigte Fabriken für Laboratoriumsbedarf Ges. M.b.H.*, en la ciudad de Berlín, Alemania, el 5 de agosto de 1930 y fue distribuido por la casa *Dr. Torrecilla, farmacia y droguería, Villanueva y Cantera*, en la calle Barquillo, número 37, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 14,1 cm de altura, 33,8 cm de ancho y 20,5 cm de fondo, medidas que incluyen su caja externa de madera, que es indeleble y, por tanto, resulta imposible separar el potenciómetro de la caja. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: caja de madera, aparato metálico, visor de cristal y controles cerámicos. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10, en la vitrina.

---

<sup>139</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores: *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 82.



**Figura 109. Potenciómetro [MFH sn].**

Potenciómetro [MFH sn] (figura 110). Foto número: 217. Posee escalas de medida, de -1, 0, +1 mA. Este aparato fue fabricado por la casa *Allochio Bacchini*, en la ciudad de Milán, Italia. Exhibe el número de serie 16138 y mide 28,4 cm de altura con la caja abierta (con ésta cerrada, 13,6 cm), 23,5 cm de ancho y 19,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son básicamente metálicos, excepto su visor, que es de vidrio. Está motado en una caja de madera inseparable. Su estado de conservación es bueno, requiere limpieza; ignoramos si el instrumento podría funcionar tal como está. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 110. Potenciómetro [MFH sn].**

Potenciómetro [MFH sn] (figura 111). Foto número: 218. Posee escalas de medida, de 10, 0, 10 en unidades relativas, que no especifican magnitudes. Indica 150 V. Este aparato fue fabricado por la casa *Dott. Bortini*, en la ciudad de Pavía, Italia. Son sus medidas: 28,4 cm de altura (con la caja abierta, pero con la caja cerrada, su altura es de 13,5 cm), 23,5 cm de ancho y 19,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, visor de vidrio, caja de madera inseparable. Su estado de conservación es bueno, aunque requiere limpieza e ignoramos si el instrumento podría funcionar tal y como está. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 111. Potenciómetro [MFH sn].**

pHmetro [MFH 3184] (figura 113). Foto número: 021. Posee escalas de medida, de 0 a 8, 6 a 13 de pH. Este aparato, modelo pHmeter22, fue fabricado por la casa *Radiometer Copenhagen*<sup>140</sup>, en la ciudad de Copenhague, Dinamarca. Exhibe el número de serie 13780 y fue distribuido por *J.E.Gerber and Co.*, compañía sita en la ciudad de Zürich, Suiza. Son sus medidas: 37,0 cm de altura, 27,8 cm de ancho y 21,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Aparentemente, su estado de conservación sólo necesita limpieza. En el momento de la foto, el instrumento se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. Este pHmetro se utilizó para medir el grado de acidez o alcalini-

<sup>140</sup> La compañía *Radiometer* se fundó en 1935, en Copenhague, Dinamarca. Uno de sus puntos de su decálogo institucional fue fabricar instrumentos con vocación cuantitativa. En octubre de 1937 la compañía fabricó su primer pHmetro y en 1993 el nombre *Radiometer* dejó paso al actual de “*Radiometer Analytical*”

dad, de una disolución acuosa; ya sabemos de sobra que el pH es el logaritmo negativo de la concentración de protones y el pHmetro hace la medida al transformar la media de concentración en fuerza electromotriz, según la ecuación de Nerst. En realidad este instrumento (figura 112) es un voltímetro con dos electrodos, uno de los cuales es de vidrio sensible a protones y el otro, de referencia. Ambos actúan como una batería al introducirlos en la disolución, de forma que el voltímetro muestra el potencial en una escala graduada y transformada en valores de pH y, a veces, también en voltios.



**Figura 112. pHmetro.**



**Figura 113. pHmetro [MFH 3184].**



Ionómetro [MFH sn] (figura 115). Foto número: 283. Este aparato fue fabricado por la casa *F.M. Lautenschläger GmbH* y exhibe el número de serie 5500. Posee una sección para realizar los ajustes con electrodos externos de calomelanos y de quinhidrona. Son sus medidas: 22,5 cm de altura, 28,7 cm de ancho y 11,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con los visores de vidrio. Su estado de conservación es bueno y está parcialmente oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



Figura 114. Ionómetro.



Figura 115. Ionómetro Lautenschläger [MFH sn].

Ionómetro [MFH sn]. Hermano gemelo del anterior, este aparato fue fabricado por la misma casa *F.M.Lautenschläger GMBH*, aunque exhibe el número de serie 5512. Posee las mismas medidas del instrumento anterior, está construido con los mismos materiales y su estado de conservación es bueno, aunque está parcialmente oxidado. También, en el momento de la foto, se hallaba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.

pHmetro - potenciómetro [MFH sn] (figura 116). Foto número: 284. Posee escalas de medida, de -50, 0, +50. Marca mV y adjunta una tabla de conversión mV a pH. Este aparato, modelo *Etco meter*, fue fabricado por la casa *Etco*. Son sus medidas: 19,6 cm de altura, 33,7 cm de ancho y 25,0 cm de fondo. Aparte del sistema, alimentado por una pila de 1,5 V, Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: caja de madera, aparato metálico, visores de cristal, bornes cerámicos. La zona de la celda está oxidada, pero, a pesar de ello, su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 116. pHmetro - potenciómetro [MFH sn].**



## 5. MÉTODOS ELÉCTRICOS: POLAROGRAFÍA Y TÉCNICAS AFINES

La polarografía es un método analítico instrumental que busca determinar la composición de una solución electrolítica diluida<sup>141</sup>; para ello, en el equipo instrumental, que se denomina “polarógrafo” (figura 117), se colocan dos electrodos en la solución: uno, con un potencial (voltaje) fijo, que se llama electrodo de referencia; el otro, con un potencial variable, que se llama electrodo polarizable. Al aplicar un voltaje sobre el electrodo polarizable, se observan los cambios de corriente en la solución con la muestra. Representando gráficamente los valores de voltaje y corriente, se genera un gráfico llamado polarograma. El nombre general de este método ha de ser voltametría<sup>142</sup>, quedando la acepción *polarografía* restringida a aquellos casos en que el electrodo polarizable es un electrodo de gotas de mercurio electrodo. Las curvas corriente-voltaje exhiben una serie de mesetas, llamadas ondas polarográficas, y se emplea para determinar los potenciales de reducción de cualquier especie reducible presente en la solución, como iones inorgánicos o intermedios iónicos orgánicos. Se pueden identificar sustancias desconocidas por sus potenciales de reducción característicos, y se pueden realizar valoraciones cuantitativas.

---

<sup>141</sup> La polarografía es un método instrumental de análisis químico que analiza sustancias reducibles y oxidables, ideado por Heyrovsky en 1922. La muestra (material a analizar) se dispone en una vasija de vidrio con dos electrodos, uno de los cuales es un capilar por el que fluyen gotas de mercurio, y el otro, mercurio dispuesto en el fondo de la vasija. Se aumenta el voltaje mientras se mide la corriente, que es constante hasta que se alcanza el voltaje que reduce el analito, momento en que la corriente aumenta y vuelve a estabilizarse (onda polarográfica). El potencial al cual se produce la onda polarográfica identifica a la sustancia que se analiza, y la altura de la onda mide su concentración. Por polarografía se analizan aleaciones, compuestos inorgánicos y orgánicos, equilibrios químicos y velocidades de reacción, en concentraciones de 1 ppm o menores.

<sup>142</sup> La voltametría es un método instrumental de análisis químico basado en la aplicación de un potencial a una sustancia en disolución. Se introducen tres electrodos en la muestra, y se aplica un potencial variable a uno de ellos (electrodo indicador) y constante a los otros dos (electrodos de referencia y auxiliar). El potencial del electrodo indicador se hace variar de forma regular mientras se monitoriza el valor de la corriente eléctrica. La variación de la intensidad a un cierto potencial indica la presencia de una determinada sustancia en la muestra, y su valor absoluto, la concentración de dicha sustancia.

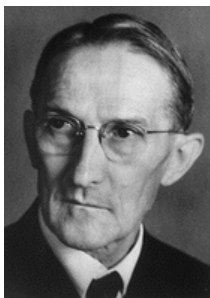


**Figura 117. Primitivo polarógrafo.**

Históricamente, decir polarografía es decir implícitamente el nombre del creador de la técnica, Jaroslav Heyrovsky<sup>143</sup> (figura 118), nombre casi santo en el ámbito donde tantos

<sup>143</sup> Jaroslav Heyrovsky nació en Praga el 20 de diciembre de 1890. Quinto hijo de Leopold Heyrovsky, Profesor Derecho Romano en la Universidad Checa de Praga, y de su esposa Clara. Jaroslav Heyrovsky comenzó en 1909 sus estudios superiores de Química, Física y Matemáticas en la Universidad Checa de Praga. Desde 1910 hasta 1914 continuó sus estudios en el *University College* de Londres, tutelado por los Profesores Sir William Ramsay, W. C. Mc. C. Lewis y F. G. Donnan, para obtener allí su doctorado en 1913. Estuvo particularmente interesado en trabajar en electroquímica, con el Profesor Donnan. Durante la primera Guerra mundial, Heyrovsky cumplió el servicio militar en un hospital militar como químico y radiólogo, lo cual le permitió continuar sus estudios y lograr sendos doctorados en Praga (1918) y Londres (1921). Heyrovsky comenzó su carrera profesional en la Universidad como ayudante del Profesor B. Brauner en el Instituto de Química Analítica de la Universidad Charles de Praga; luego pasó a adjunto en 1922 y ya en 1926 fue Profesor de Físico-Química de esa Universidad. La invención por parte de Heyrovsky del método polarográfico data de 1922, cuando Heyrovsky estaba concentrado en sus actividades científicas, desarrollando nuevas líneas de electroquímica (figura 120). Heyrovsky formó una escuela de polarografistas checos en la Universidad. En 1950 pasó de Profesor a Director del Nuevo Instituto Polarográfico, que había sido incorporado a la Academia Checa de Ciencias durante 1952. Diversas universidades galardonaron como *Doctor honoris causa* al Profesor Heyrovsky. Fue miembro electo del *University College* de Londres en 1927, y recibió doctorados honoris causa de la Universidad Técnica de Dresde (1955), la Universidad de Varsovia (1956), la de Aix-Marseille (1959) y la de París (1960). Fue miembro honorario de la Academia Americana de Artes y Ciencias (Boston, 1933), de la de Hungría (1955), la de la India (Bangalore, 1955), la de Polonia (Varsovia, 1962), miembro electo de la Academia de Ciencias Alemana (Berlín, 1955), de la Academia alemana de Ciencias Naturales (Halle-Saale, 1956), miembro extranjero de la Real Academia Danesa de Ciencias (Copenhague, 1962), vicepresidente de la Unión Internacional de Física desde 1951 hasta 1957, presidente y el primer miembro honorífico de las Sociedades Polarográficas de Londres y de Japón (figura 119), miembro honorario de las Sociedades Químicas de Checoslovaquia, Austria, Polonia, Inglaterra e India. En Checoslovaquia obtuvo varios premios científicos entre 1951 y 1955. Heyrovsky fue Profesor asociado (externo) de polarografía en Estados Unidos en 1933, Unión Soviética en 1934, Inglaterra en 1946, Suecia en 1947, República Popular de China en 1958 y en Egipto en 1960 y 1961. En 1926 Heyrovsky se casó con Marie Koranová, con quien tuvo dos hijos, una niña (Judith) y un niño (Michael). Jaroslav Heyrovsky murió en 1967, ocho años después de obtener el Premio Nobel de Química en 1959 (figura 121). Desde 1921, Heyrovský se aplicó al estudio intensivo e interpretación de las curvas electrocapilares. El 10 de febrero de 1922 empleó un electrodo de gota de mercurio electrolisis y sus investigaciones, que habían sido inspiradas por el Profesor B. Kučera en 1918, dieron lugar a la nueva disciplina, la “polarografía”. Un poco después de esto, junto con su colega japonés Masuzo Shikata, construyó el primer instrumento con registro automático de las curvas polarográficas, más tarde conocido universalmente como “polarógrafo”. El 6 de abril de 1922, Jaroslav Heyrovský fue nombrado Profesor ayu-

años pasé, en el entonces departamento de Físico-Química y Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 118. Jaroslav Heyrovsky (1890-1967).**

---

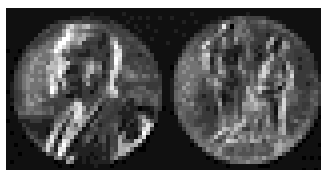
dante y en marzo de 1926, Profesor ordinario de Físico-Química en la Universidad Charles, donde, desde 1922, era Director del recientemente establecido Instituto de Físico-Química. En 1924 fue nombrado Profesor Adjunto. En 1936 miembro de CASA, en 1925 de la CSNRC, en 1926 miembro asociado y en 1932 miembro senior de RBLs. En 1928, junto a su amigo Emil Votoček, fundó la revista “Comunicaciones de Química Checa”, que se publicó en inglés y francés, pronto una de las plataformas más importantes de contactos internacionales con los químicos checos. Heyrovský también fue Presidente de la Sección Científica del Instituto Americano en Praga. Todo ello fue fruto de un trabajo extremadamente intenso, con las correspondientes publicaciones y tareas organizativas en el campo de la ciencia, gracias a lo cual adquirió justa reputación internacional rápidamente. En 1926 trabajó seis meses en el laboratorio del Profesor G. Urbain, en la Sorbona, y siete años más tarde pasó otros seis meses de Profesor Asociado en las varias Universidades americanas de la Ivy League, así como en la Fundación Carnegie. Durante toda la segunda guerra mundial Heyrovský fue miembro activo de numerosas sociedades científicas extranjeras, como la Academia Americana de Artes y Ciencias, la Sociedad Geográfica Nacional de Washington, la alemana Academia Imperial de Ciencias Naturales, la de Berlín, Londres y otras. Su trabajo no fue interrumpido por la ocupación nazi y, gracias a su amigo, el profesor Johann Böhm, pudo mantener operativo su laboratorio en la Universidad Alemana de Praga y completar su monografía sobre y comenzar una nueva línea de investigación sobre polarografía y oscilografía. En 1940 recibió la primera nominación para el Premio Nobel, lo cual se repitió en 1947, 1956 y, por último, en 1959. Tras la Guerra y las correspondientes alegaciones de no haber colaborado con el régimen nazi, Jaroslav Heyrovský, fue nombrado Director del Nuevo Instituto Central de Polarografía. Como miembro de la Comisión Gubernamental para la construcción del CSAS, compartió este cargo con aquél y el 12 de noviembre de 1952 fue nombrado uno de los primeros miembros o académicos. El citado Nuevo Instituto Central de Polarografía, dentro de CSAS, se convirtió en el Instituto Polarográfico, el cual encabezó durante once años, hasta el 30 de septiembre de 1963, aunque realizó frecuentes colaboraciones escritas hasta su muerte el 27 de marzo de 1967.



**Figura 119. Jaroslav Heyrovsky junto al primer polarógrafo con registrador, que construyó con Masuzo Shikata; obsérvese tras él la tabla periódica en japonés.**



**Figura 120. Uno de los primeros polarógrafos de Jaroslav Heyrovsky (1924).**

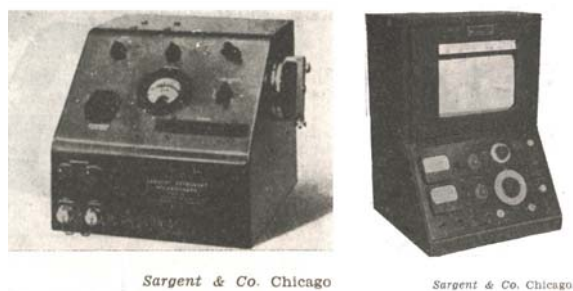


**Figura 121. Medalla del Premio Nobel de Química de 1959 concedido a Jaroslav Heyrovsky.**

Polarógrafo [MFH sn] (figura 123). Foto número: 042. Este aparato, modelo *Cambridge Recording Polarograph*, fue fabricado por la casa *Cambridge Instruments Co Ltd*<sup>144</sup>.

<sup>144</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores: *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 222, 229.

Exhibe el número de serie C541450 y son sus medidas: 36,0 cm de altura, 38,2 cm de ancho y 50,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con los visores de vidrio. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.



**Figura 122. Polarógrafos de la marca Sargent.**



**Figura 123. Polarógrafo [MFH sn].**



Galvanómetro de polarógrafo [MFH sn] (figuras 124 y 125). Fotos número: 119 y 119bis. Este aparato fue fabricado por la casa *J. Nejedly*, en la ciudad de Praga, Checoslovaquia. Exhibe el número de serie 236. Consta de dos módulos; son las medidas del módulo izquierdo 23,5 cm de altura, 21,5 cm de ancho y 21,5 cm de fondo, mientras que las medidas del módulo derecho son 8,0 cm de altura, 20,0 cm de ancho y 20,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metálico, lentes de vidrio. Su estado de conservación es bueno; con todo, necesita limpieza y acondicionamiento. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.



**Figura 124. Galvanómetro de polarógrafo [MFH sn], en su caja.**



**Figura 125. Los dos componentes del galvanómetro de polarógrafo [MFH sn], fuera de su caja.**

Metrónomo para contar gotas del electrodo de un polarógrafo [MFH sn] (figura 126). Foto número: 182. Son sus medidas: 15,0 cm de altura, 7,5 cm de ancho y 7,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: caja de madera, mecanismos metálicos. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidado y con el péndulo doblado. En el momento de la foto, se hallaba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 126. Metrónomo para contar gotas del electrodo de un polarógrafo [MFH sn].**

## 6. MÉTODOS CONDUCTIMÉTRICOS, ELECTROGRAVIMÉTRICOS Y CULOMBIMÉTRICOS

La conductimetría es una técnica instrumental de análisis químico utilizada para determinar la conductividad de una disolución acuosa y el punto final de una valoración volumétrica. La conductimetría se efectúa generalmente con fines cuantitativos. El equipo que realiza la medida se denomina conductímetro<sup>145</sup> (figura 127). Consta de dos electrodos metálicos de sección conocida, separados por una distancia determinada, que se introducen en la muestra, y un potencióstato que mide de forma continua la conductividad entre los electrodos, como inversa de la resistencia. Otro uso creciente de la conductimetría son las medidas de conductividad en continuo (procesos), que analizan la pureza y la calidad de aguas o fluidos. Un conductímetro se basa instrumentalmente en un puente de Wheatstone para medir la conductividad<sup>146</sup> o conductancia de una muestra; debería tener corrección de temperatura, pues las lecturas se refieren a 25°C, lecturas que pueden ser analógicas o digitales. Las celdas de medida de un conductímetro son de tipo “inmersión”, de constante de celda de acuerdo con el circuito del aparato. La conductimetría se emplea en la detección de impurezas y en la medida cuantitativa de iones, principalmente en agua, como son la verificación de la pureza del agua destilada y desionizada, la variación del contenido de sales disueltas en aguas de uso doméstico e industrial, pero su principal aplicación es analizar cuantitativamente los sólidos totales disueltos en una muestra de agua.

---

<sup>145</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores: *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 99, 105.

<sup>146</sup> La conductividad eléctrica, se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución ( electrolitos ) para conducir la corriente eléctrica. El agua pura prácticamente no conduce la corriente, pero sin embargo, con sales disueltas sí conduce la corriente eléctrica. Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente, y la cantidad conducida dependerá del número de iones presentes y de su movilidad. En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad, este efecto continúa hasta que la solución está tan llena de iones que se restringe la libertad de movimiento y la conductividad puede disminuir en lugar de aumentas, dándose casos de dos diferentes concentraciones con la misma conductividad.



Radiometer. Copenhagen.

**Figura 127. Conductímetro de la marca Radiometer.**

Conductímetro [MFH sn] (figura 128). Foto número: 177. Posee controles para graduar la constante de vasija y la compensación de temperatura, así como una escala operativa de 0 a 5 microSiemens. Este aparato, modelo CDM-3 fue fabricado por la casa *Radiometer Copenhagen*, en Copenhague, Dinamarca. Son sus medidas: 23,0 cm de altura, 35,9 cm de ancho y 18,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metálico, visor de cristal, llaves actuadoras cerámicas. Su estado de conservación es muy bueno y podría estar en uso. En el momento de la foto, se encontraba en el laboratorio de la Cátedra de Técnicas Instrumentales. Este instrumento fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4014647.



**Figura 128. Conductímetro [MFH sn].**

Electrodo de conductímetro [MFH sn] (figura 129). Foto número: 251. Son sus medidas: 14,2 cm de altura, 3,1 cm de ancho y 14,0 cm de fondo. Los materiales con los que el electrodo se halla construido son: vidrio, placas de metal ennegrecido, posiblemente de plata, hilos conductores de plata. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 129. Electrodo de un conductímetro [MFH sn].**

Los métodos electrogravimétricos parten de la electrólisis, alteración química de un material o electrolito cuando por él pasa una corriente eléctrica y pierde o gana electrones<sup>147</sup>. Para realizar una electrólisis se aplica una corriente continua a una disolución que contenga iones o electrolitos en una determinada concentración. El proceso se realiza en una celda electrolítica, que consta de dos electrodos, sumergidos en la disolución iónica. La sustancia que experimenta la transformación electrolítica puede hallarse en la disolución o en el propio electrodo. Los electrones del electrodo positivo (cátodo) pueden neutralizar iones metálicos (por ejemplo, iones plata), que se depositan sobre el electrodo. Los iones negativos presentes en la disolución se neutralizan en el electrodo negativo (ánodo). Si la sustancia que va a transformarse es el propio electrodo, éste se disuelve. Durante una electrólisis

---

<sup>147</sup> Del griego *electro*, electricidad, y *lisis*, rotura, descomposición.

sis tienen lugar, en cada electrodo, los correspondientes procesos electródicos. Generalizando, los electrodos son inertes si no reaccionan y sólo transfieren electrones de la solución o hacia ella (ejemplo, el electrodo de platino) y son activos o reactivos si intervienen en la reacción, para oxidarse o reducirse. Faraday estudió la cantidad de electrolito depositado y vislumbró una ley que permitía calcular el número de gramos depositados, ley (o leyes, puesto que es en realidad un conjunto de cuatro leyes) conocida con el nombre de su creador. La electrólisis se utiliza en diversos sectores; por ejemplo, sodio y cloro se producen por electrólisis del cloruro sódico, e hidrógeno y oxígeno por la del agua. Asimismo se emplea en muchas otras aplicaciones, como obtener metales con gran pureza, pulirlos o realizar recubrimientos electrolíticos, en áreas del dominio de la electrometalurgia, electropulido, emplomado o galvanotecnia. Por otra parte, la culombimetría es el método instrumental de análisis químico basado en la proporcionalidad entre la cantidad de sustancia que sufre una reacción electroquímica y la cantidad de corriente eléctrica consumida o aportada en dicha reacción. Se hace con fines cuantitativos. Hay dos tipos de culombimetrías: con voltaje constante y con corriente constante. En la culombimetría con voltaje constante, la cantidad del material analizado se determina a partir de la variación de corriente, mientras que en la culombimetría con intensidad constante se determina a partir de la variación de voltaje.

Caja de electrolisis para docencia [MFH sn] (figura 130). Foto número: 209. Este aparato fue fabricado por la casa *Hartman & Braun*, en la ciudad de Frankfurt, Alemania. Son sus medidas, con la caja, abierta, que es inseparable: 34,5 cm de altura, 51,0 cm de ancho y 23,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: caja de madera, resistencias metálicas, cuatro tubos o celdas en U de vidrio, electrodos de platino. Su estado de conservación es muy bueno, aunque ignoramos si el instrumento podría funcionar tal como está. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. Esta antigua técnica<sup>148</sup> de la electrolisis

---

<sup>148</sup> Durante las investigaciones realizadas con la batería eléctrica, el químico inglés Humphry Davy sospechó que los componentes químicos podían separarse en sus elementos constitutivos gracias a la electricidad. En



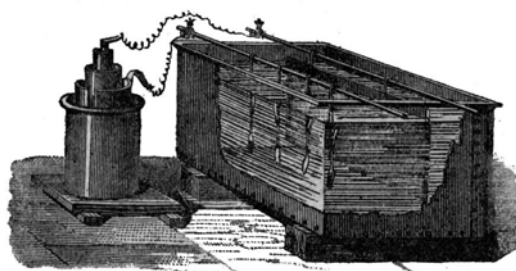
sis siempre se ha desarrollado positivamente con las tareas docentes y demostraciones pedagógicas.



**Figura 130. Caja de electrolisis para docencia [MFH sn].**

1807 hizo pasar corriente a través de una solución de sosa cáustica y potasa y consiguió aislarlos. Así demostró el principio de la electrólisis, que actualmente se emplea ampliamente en la refinación y extracción de numerosos metales activos. Se puede decir que, aprovechándose de la invención de la pila, Sir Humphry Davy (1778-1829) desarrolló la electroquímica; hizo investigaciones sobre la pila de Volta e intentó explicar científicamente su funcionamiento. El año 1801 observó el “arco eléctrico” entre dos puntas intercaladas en el circuito de una pila. También se deben a él las primeras observaciones sobre la incandescencia de un conductor por el que pasaba la energía eléctrica de una batería. Entre los años 1806 y 1808 publicó los resultados de sus investigaciones sobre la electrólisis. Con este método consiguió la separación del magnesio, bario, estroncio, calcio, sodio, potasio y boro. El año 1807 fabricó una batería con mas de dos mil placas, con las que descubrió el cloro y demostró que es un elemento y no un ácido como se creía. Entre sus descubrimientos prácticos hay que destacar una lámpara de seguridad para los mineros. Se dice que uno de sus descubrimientos más importantes fue conocer a Faraday cuando éste era joven y trabajaba como encuadernador en una imprenta y lo contrató como ayudante para su laboratorio.

Baño para galvanoplastia [MFH sn] (figura 132). Foto número: 415. Son sus medidas: 12,5 cm de altura, 38,0 cm de ancho y 12,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: cristal y metal. Su estado de conservación requiere sólo limpieza, pues el instrumento no tiene funcionamiento mecánico ni engranajes. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10. Desde el punto de vista de la física, la galvanoplastia es la electrodeposición de un metal sobre una superficie para mejorar sus características<sup>149</sup>. Con ello se consigue proporcionar dureza, duración, o ambas<sup>150</sup>. Otra de las importantes aplicaciones de la galvanoplastia y técnicas afines<sup>151</sup> es la de reproducir por medios electroquímicos objetos de muy finos detalles y en muy diversos metales.



**Figura 131. Baño para galvanoplastia.**

<sup>149</sup> El proceso puede resumirse en el traslado de iones metálicos desde un ánodo (carga positiva) a un cátodo (carga negativa) en un medio líquido (electrolito), compuesto fundamentalmente por sales metálicas y ligeramente acidulado. La deposición de los iones metálicos sobre la superficie preparada para recibirlos se efectúa siguiendo fielmente los detalles que componen dicha superficie, cohesionándose las moléculas al perder su carga positiva y adhiriéndose fuertemente entre ellas, formando así una superficie metálica, con características correspondientes al metal que la compone. Este proceso, aplicado a una impresión (de silicona), permite una fiel y exacta reproducción de la superficie interior de dicha impresión, en una capa metálica, dura y consistente, que se corresponde perfectamente con el positivo original de donde se obtuvo la impresión.

<sup>150</sup> DARY, GEORGES: *A travers l'électricité*. Paris: Librairie Nony & Cie, 1900 (Op. Cit.), cap. 7.

<sup>151</sup> “Galvanostegia” o depósito electrolítico de metales sobre metales; la misma “galvanoplastia” o depósito electrolítico de metales sobre no metales y el “pasivado electrolítico” o recubrimiento electrolítico de metales por su óxido



**Figura 132. Baño para galvanoplastia [MFH sn].**

Baño para electrolisis [MFH 1025] (figura 133). Foto número: 302. Son sus medidas: 17,9 cm de altura, 11,5 cm de ancho y 11,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: soporte de madera, vaso de vidrio, fondo del vaso de calomelanos, conectores de platino. Respecto a su estado de conservación, la madera se encuentra algo ajada y el metal oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 133. Baño para electrolisis [MFH 1025].**

Sistema de electrolisis con electrodo de calomelanos [MFH sn] (figura 134). Foto número: 223. Este aparato fue fabricado por la casa Bürker. Son sus medidas: 19,0 cm de altura, 12,8 cm de ancho y 21,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con la ampolla del electrodo también metálica, pero con mercurio y una solución, y bornes de bakelita. En cuanto a su estado de conservación, el instrumento se encuentra oxidado y en el electrodo se precisa reemplazar el mercurio y la solución. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 134. Sistema de electrolisis con electrodo de calomelanos [MFH sn].**

## 7. TÉCNICAS ELECTROFORÉTICAS Y DE SEPARACIÓN

La electroforesis<sup>152</sup> es una técnica instrumental de análisis químico y bioquímico basada en la capacidad de migración de partículas en un medio o gel por la acción de un campo eléctrico. Las partículas se pueden cargar por ionización, frotamiento con el medio y adsorción superficial de iones. Una vez cargadas, son atraídas hacia el electrodo de signo opuesto, a la vez que repelidas por el del mismo signo, de modo que adquieren un movimiento, retardado diferencialmente por el rozamiento de las partículas con el gel. Así se produce la migración de cada especie molecular de la muestra a una velocidad directamente proporcional a su carga e inversamente proporcional a su magnitud. Hacia 1930, Tiselius comenzó a utilizar la electroforesis con fines analíticos para separar proteínas y desarrollar nuevos medios o geles. La electroforesis difiere de una conductimetría en que en ésta hay una migración libre en un líquido o disolución, mientras que en la electroforesis la migración siempre es a través de un medio. Entre las diversas técnicas electroforéticas destacan la microelectroforesis, la electroforesis analítica, la electroforesis de zona o zonal, la inmunoelectroforesis<sup>153</sup>, el isoelectroenfoque o enfoque isoeléctrico<sup>154</sup>, la isotacoforesis y la última, la electroforesis capilar. La electroforesis se puede desarrollar en dos dimensiones, cruzada, en flujo continuo o con fines preparativos. En definitiva, decir electroforesis es de-

---

<sup>152</sup> Acepción que procede del griego, *electro*, electricidad, y *phoresis*, movimiento.

<sup>153</sup> La inmunoelectroforesis es una electroforesis cruzada que se realiza situando en los lados opuestos de la cubeta uno o varios antígenos y uno o varios anticuerpos, para provocar la reacción entre proteínas solubles y anticuerpos precipitantes. Tanto los antígenos como los anticuerpos tienen carga y migran hasta encontrarse y producir una banda de precipitación, identificable a simple vista o con un densitómetro. Se utilizan medios de agar o de celulosa. Se emplea en la identificación de sueros inmunológicos, específicos o antiespecíficos, y proteínas del plasma humano (albúmina, fibrinógeno, lipoproteínas), en hematología (eritrocitos, leucocitos, trombocitos) y análisis de líquidos biológicos (orina, leche, calostros, semen, líquido cerebroespinal).

<sup>154</sup> El isoelectroenfoque es un tipo de electroforesis también llamada de enfoque isoeléctrico en la que se realiza una electroforesis previa de un gel comercial, un derivado de poliacrilamida. Tras esta primera electroforesis, la placa adquiere un gradiente de pH, cuyos límites los define el gel utilizado. A continuación se realiza una segunda electroforesis, ya con la muestra sobre la placa, en la que cada sustancia migra al punto de la placa cuyo valor de pH coincide con su punto isoeléctrico (pH al que la muestra, por lo común una proteína, tiene carga eléctrica neta neutra). Cuanto más tiempo transcurre, la sustancia se enfoca en una banda más estrecha y es indiferente el lugar dónde se aplica la muestra.

cir Tiselius<sup>155, 156</sup> (figura 136). Es con quien el catedrático de Técnicas Instrumentales Prof. Dr. Manuel Ortega Mata, bajo su directa supervisión realizó su Tesis Doctoral en el fraccionamiento de proteínas. Posteriormente Ortega descubrió la utilización de migrosina para la tinción de los distintos compuestos separados electroforéticamente. Asimismo, es preciso

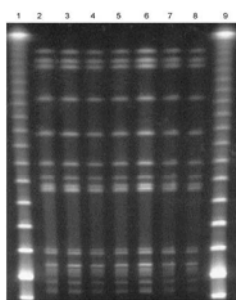
---

<sup>155</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores: *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p.90. Tiselius, cuyo nombre completo era Arne Wilhelm Kaurin Tiselius (figura 137), nació el 10 de agosto de 1902 en Estocolmo y murió el 29 de octubre de 1971 en Uppsala. Este bioquímico sueco obtuvo el Premio Nobel de Química en 1948 por sus trabajos sobre electroforesis y análisis de absorción. Como profesor ayudante de Svedberg en la Universidad de Uppsala, durante 1925 y 1932, Tiselius desarrolló la utilización de la electroforesis para el delicado trabajo de separar proteínas en suspensión, basándose en su carga eléctrica, trabajo de su tesis doctoral en 1930. Como profesor asociado en Uppsala, dirigió la investigación del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton (1934-35). De vuelta a Uppsala (1937), fue profesor de bioquímica, donde le construyeron un Nuevo y dotado instituto. Tiselius aplicó los métodos electroforéticos para separar proteínas químicamente similares del suero sanguíneo. En 1940 comenzó su investigación sobre la separación de proteínas y otras sustancias por cromatografía de absorción. Tiselius fue presidente del Consejo Nacional Sueco de Ciencias Naturales (1946-50) y después vicepresidente (1947-60) y más tarde presidente (1960-64) de la Fundación Nobel (figura 138).

Tras la pérdida prematura de su padre, la familia marchó a Gothenburg, donde el niño Tiselius comenzó la escuela, para luego graduarse en el *Realgymnasium* local, en 1921, tras lo cual comenzó sus estudios en la Universidad de Uppsala, especializándose en Química. Ayudante de The Svedberg en 1925, obtuvo su doctorado en 1930, con la tesis titulada “Método enlazante móvil del estudio electroforético de las proteínas”, publicado en *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis*, Ser. IV, Vol. 7, No. 4. Tiselius fue nombrado Profesor Ayudante de química en 1930. Durante 1931 y 1935 Tiselius publicó diversos artículos científicos sobre los fenómenos de difusión y absorción de las zeolitas, estudios que continuaron durante su estancia de un año en el laboratorio de H. S. Taylor en la Universidad de Princeton, cuyo soporte económico era la Fundación Rockefeller. Estimulado por sus muchos contactos con bioquímicos americanos durante esa visita, Tiselius al volver a Uppsala se dedicó con gran entusiasmo a las proteínas y a la aplicación de métodos físicos en general en la química de las proteínas. Esto le llevó a mejorar sobremanera el análisis electroforético, publicado en *Transactions of the Faraday Society*, 33 (1937) 524. El método se aplicaba al estudio de las proteínas séricas y a otras biomoléculas. Tiselius aumentó el número de sus colaboradores los siguientes años. En 1938 se creó un puesto especial en la Universidad de Uppsala, por donación del Mayor Herbert Jacobsson. Algunos de los colaboradores fueron puestos a disposición del Nuevo profesor del Instituto de Físico-Química, que era el Prof. Svedberg). En 1946 se creó un Nuevo departamento de Bioquímica, independiente, y en 1950-1952 tuvo un Nuevo edificio, el actual Instituto de Bioquímica. Bajo la dirección de Tiselius, el Instituto ha contribuido al desarrollo y mejora de diversos métodos bioquímicos, como la electroforesis, cromatografía, fenómenos de partición o filtración por geles, métodos aplicados a estudios de macromoléculas, como son las proteínas y los enzimas, los polisacáridos (dextrano) y los ácidos nucleicos. Tras la segunda guerra mundial, Tiselius fue una personalidad carismática en la reorganización de Suecia: fue presidente del Instituto Nacional Sueco de Ciencias Naturales (1946-1950) y presidente del Comité de Investigación de la Sociedad Sueca del Cáncer (1951-1955). Fue presidente de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, *International Union of Pure and Applied Chemistry*) desde 1951 hasta 1955, vicepresidente de la Fundación Nobel en 1947 y presidente de la misma desde 1960. Fue miembro del Comité Nobel de Química desde 1946. Tiselius se casó en 1930 con Ingrid Margareta (Greta) Dalén, hija del juez de Gothenburg, Per Dalén. El matrimonio tuvo dos hijos: Eva (nacida en 1932), casada con el Dr. Torgny Bohlin y Per, nacido en 1934, físico del Hospital Académico de Uppsala. Arne Wilhelm Kaurin Tiselius murió en 1971.

<sup>156</sup> En 1948, Tiselius recibió el Premio Nobel de Química, por sus investigaciones sobre electroforesis y análisis de adsorción, así como especialmente por sus descubrimientos sobre la naturaleza de las proteínas séricas; en ese galardón también se premiaban sus trabajos sobre precipitación de coloides por electroforesis, experiencias para las que ideó nueva instrumentación, sobre todo el tubo luego llamado “tubo Tiselius”

mentar como fechas clave en la historia de la electroforesis, la década de 1930, cuando aparecieron los primeros artículos sobre la utilización de sacarosa en electroforesis; en 1955 aparecieron los geles de almidón, aunque con mala resolución; en 1959, la aparición de los geles de poliacrilamida (figura 135), a partir de los trabajos de Raymond y Winstraub; en 1964, Ornstein y Davis crean la técnica de electroforesis de disco; en 1969, Beber y Osborn introdujeron los agentes desnaturalizados, con los cuales se consiguió separar subunidades proteicas; en 1975, surgen dos nuevas técnicas electroforéticas, la electroforesis bidimensional y el isoelectroenfoque (O'Farrell); en 1977 aparecieron los primeros geles para secuenciación; a finales de la década de 1970, los geles de agarosa; en 1983, la electroforesis de campo pulsante (este humilde doctorando tuvo el honor de estar en Estocolmo en 1986, cuando el proyecto se había consolidado) y, como es sobremanera conocido, en 1983 tuvo lugar la eclosión de la electroforesis capilar.



**Figura 135. Gel de electroforesis de poliacrilamida.**



**Figura 136. Tiselius en 1965, cuadro de William Fleetwood.**





**Figura 137. Arne Wilhelm Kaurin Tiselius (1902-1971).**



**Figura 138. Tiselius, en una caricatura de la época.**

Junto a la técnicas electroforéticas, se puede advenir que hoy el principal método de separación de sustancias es la cromatografía<sup>157</sup>, técnica instrumental de análisis químico basada en la separación de los distintos componentes de una disolución o una mezcla, al atravesar un medio (fase estacionaria) arrastrados por un fluido (fase móvil). Cuando la fase móvil es líquida, la técnica se denomina cromatografía líquida, y cuando es gaseosa, cromatografía de gases. La cromatografía surgió en 1906, fecha de la primera publicación de los trabajos de Tsvett, botánico italiano residente en Rusia, quien, para separar pigmentos vegetales, hizo pasar una solución de dichos pigmentos por una columna de vidrio rellena con sílice. Unos pigmentos avanzaron por gravedad a través de la columna más rápidamente que otros, originando secciones transversales, cada una del color del pigmento correspondiente, hecho que hizo a Tsvett denominar a la técnica “cromatografía”. En el período inmediatamente posterior la cromatografía cayó en el olvido, hasta que en 1930 Kuhn, Lederer y otros la utilizaron para separar productos naturales. Con el tiempo, se empezaron a uti-

<sup>157</sup> Del griego *cromatos*, color, y *grafos*, escritura, observación.

lizar columnas microparticulares, rellenas con partículas de 3, 5 ó 10 mm, lo cual obligaba a bombear la fase móvil líquida a alta presión para poder atravesar las columnas, hecho por el que la técnica se denominó en principio Cromatografía Líquida a Alta Presión o HPLC (*High Pressure Liquid Chromatography*). Aún siguen en uso columnas con partículas grandes, de 40, 100 mm o mayores, que no requieren presiones muy altas, en cuyo caso la técnica se denomina Cromatografía Líquida a Baja Presión (LPLC, *Low Pressure Liquid Chromatography*). Con el tiempo, el término HPLC ha tomado el significado de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (también HPLC, *High Performance Liquid Chromatography*), por su gran poder de separación y sensibilidad. Además de HPLC y LPLC, existen otras técnicas cromatográficas. Hacia 1940 apareció la Cromatografía en Capa Delgada (TLC, *Thin Layer Chromatography*), cuya fase estacionaria es una fina capa de gel fijada sobre una placa de vidrio. Una gota de muestra se deposita con una pipeta sobre la placa y la parte inferior de ésta se sumerge en fase móvil, que asciende por capilaridad por la capa de gel. Los componentes de la muestra suben a distintas alturas y se separan. Posteriormente, las manchas aisladas se pueden raspar de la placa y redisolver para su análisis espectrofotométrico u otros ensayos. La Cromatografía sobre Papel (*Paper Chromatography*) es semejante, pues utiliza un grueso papel especial, en vez de capa de gel. En 1941 surgió la Cromatografía de Gases o (GC, *Gas Chromatography*) cuando Martin y Synge observaron que una fase móvil en estado gas era más penetrante, facilitaba la propagación de la muestra a través de la columna y acortaba el tiempo del análisis. La cromatografía de gases resolvió muchos problemas analíticos de forma sencilla y rápida. Las muestras, casi siempre soluciones o líquidos, deben hallarse en estado gaseoso, por lo que el cromatógrafo de gases precisa de un horno de alta temperatura para mantener vaporizadas las muestras. En cromatografía la separación de los componentes de una muestra se realiza por la distinta afinidad que tienen por la fase estacionaria (relleno de columna) y, en sentido contrario, por la fase móvil. Es decir, cuanto mayor sea la afinidad de un componente por la fase estacionaria, más tiempo quedará retenido en ella y más tardará en atravesarla, mientras que cuanto mayor sea su afinidad por la fase móvil mayor será también la velocidad con que atravesará la fase estacionaria. No obstante, en Cromatografía de Gases la fase móvil sólo empuja o arrastra a los analitos, y se denomina *carrier* o gas portador inerte. Hay varios tipos de

cromatografías en función de la afinidad de la fase estacionaria por la muestra: adsorción, partición, intercambio iónico, par iónico, exclusión y afinidad. Las técnicas cromatográficas pueden ser, según el fin a que se las destine en el laboratorio, analíticas, preparativas y a escala micro. Una cromatografía analítica persigue separar los componentes de la muestra para cuantificarlos, normalmente en concentraciones de ppm a ppb. En las técnicas preparativas se colectan los componentes de la muestra aislados, mediante gruesas columnas y equipos especiales, en general en cantidades de varios mg de muestra y se utilizan para obtener compuestos químicos de máxima pureza. La última tendencia en cromatografía se dirige a técnicas micro o capilares, más sensibles pero también delicadas y con menor capacidad de muestra.

Entre los equipos existentes en la colección, hallamos un controlador para colector de fracciones [MFH 4143], dos extensores de placas de cromatografía en capa delgada [MFH sn], una fuente de potencia para electroforesis [MFH 4155], una joya de los equipos de la colección, el equipo de electroforesis [MFH sn] y, finalmente, un densitómetro para tiras de electroforesis en papel [MFH sn].

Controlador para colector de fracciones [MFH 4143] (figura 139). Foto número: 026. Cuenta con tres botones de control, cada uno graduado de 0 a 9. Este aparato fue fabricado por la casa *Seive*, talleres cuya dirección era el número 17 de Rue St. Gilles, en la ciudad de París, Francia. En él se puede observar el nombre del modelo: *Coffret Universel*. Son sus medidas: 20,0 cm de altura, 25,0 cm de ancho y 18,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, visor de la pantalla de vidrio. Su estado de conservación es bueno, solo necesita limpieza y no está oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.



**Figura 139. Controlador para colector de fracciones [MFH 4143].**

Extensores de placas de cromatografía en capa delgada [MFH sn] (figura 140). Foto número: 265. Son sus medidas: 11,5 cm de altura, 32,1 cm de ancho y 12,0 cm de fondo. Los materiales con los que se hallan contruidos son metálicos. Su estado de conservación es muy bueno y podrían estar perfectamente en uso. En el momento de la foto, ambos se encontraban en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 140. Extensores de placas de cromatografía en capa delgada [MFH sn].**

Fuente de potencia para electroforesis [MFH 4155] (figura 141). Foto número: 027. Posee escalas de medida, de 1250 V, set 240 V. Este aparato fue fabricado por la casa *Shandon Scientific Co Ltd*, en la ciudad de Londres, Inglaterra, en el año 1966. Exhibe el número de serie 1461 y fue distribuido por la casa *Giralt Laporta S.A.*<sup>158</sup>, actualmente *Pacisa-Giralt S.A.* Son sus medidas: 9,8 cm de altura, 15,5 cm de ancho y 11,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, con un LED en la superior, de cristal, y el cable se halla en buen estado. Su estado de conservación general es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.

---

<sup>158</sup> GIRALT-LAPORTA: *Catálogo ilustrado de la casa Juan Giralt Laporta*. Barcelona: Talleres de imprenta de Vda. de Luis Tasso, 1907.



**Figura 141. Fuente de potencia para electroforesis [MFH 4155].**

Equipo de electroforesis [MFH sn] (figura 143). Foto número: 043. Posee un indicador de medida, de 220 V. Este aparato fue fabricado por la casa *Boskamp Geräte-Bau K. G. Hersel b.*, en la ciudad de Bonn, Alemania. Exhibe el número de serie 82 108. Son sus medidas: 39,0 cm de altura, 49,0 cm de ancho y 42,0 cm de fondo. Respecto a su estado de conservación, su parte central está suelta, pero es un instrumento precioso, impresionante, aunque dudamos si funcionará. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. Este equipo, procedente de la cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid, fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4014702.



**Figura 142. Equipo de electroforesis Boskamp.**



**Figura 143. Equipo de electroforesis [MFH sn].**

Densitómetro para tiras de electroforesis en papel [MFH sn] (figura 144). Foto número: 264. Posee escalas de medida, de 2 a 0. Este aparato fue fabricado por la casa *Elphor Dr.*, en la ciudad de Kalsruhe, Alemania y fue distribuido en España por la casa *Pacisa* (acróstico de *Productos y Aparatos Científicos e Industriales, S.A.*). Son sus medidas: 7,5 cm de altura, 32,6 cm de ancho y 17,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instru-

mento se halla construido son metálicos, con el visor de vidrio. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 144. Densitómetro para tiras de electroforesis en papel [MFH sn].**





## 8. FUENTES DE ENERGÍA RADIANTE

En 1650, Otto von Guericke de Alemania descubrió que la luz podía ser producida por excitación eléctrica<sup>159</sup>. Encontró que cuando se giraba rápidamente una esfera de azufre y se frotaba, se producía una emisión luminosa<sup>160</sup>. En 1706, Francis Hawsbee invento la primera lámpara eléctrica al introducir azufre dentro de un globo de cristal al vacío, reproduciendo prácticamente el efecto observado por von Guericke<sup>161</sup>. William Robert Grove en 1840, encontró al calentar unas tiras de platino o de otros metales, hasta volverlas incandescentes, producían luz durante un periodo de tiempo. En 1809 Grove, con una batería de 2000 celdas, produjo una llama de luz brillante, de forma arqueada, que denominó “lámpara de arco” (figura 145).



**Figura 145. Lámpara de arco.**

En 1841 Frederick de Moleyns obtuvo la primera patente de la lámpara incandescente, en Inglaterra. La lámpara de Moleyns poseía una vida muy corta y, durante el resto del siglo XIX, muchos científicos trataron de producir mejoras en las lámparas eléctricas, hasta que Thomas A. Edison ideó una con filamento carbonizado, que producía luz constante durante dos días. Edison continuo sus investigaciones con otros materiales, buscando

---

<sup>159</sup> GUERICKE, OTTO VON: *The new (so-called) Magdeburg experiments of Otto von Guericke*. Dordrecht: Kluwer Academic cop., 1994.

<sup>160</sup> DARY, GEORGES: *A travers l'électricité*. Paris: Librairie Nony & Cie, 1900 (Op. Cit.), p. 33.

<sup>161</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 38, 60-61, 217.

un filamento más duradero y exhibió su primer sistema de iluminación incandescente en su laboratorio el 21 de diciembre de 1879. Luego, Edison realizó su primera instalación comercial, en el barco *Columbia*, instalación de 115 lámparas que trabajó de forma continua durante quince años. En 1881, su primer proyecto industrial fue la iluminación de una fábrica de Nueva York, proyecto que alcanzó un gran éxito comercial y estableció sus lámparas como viables. Durante los siguientes dos años se colocaron más de 150 instalaciones de alumbrado eléctrico y en 1882 se construyó la primera estación para generar electricidad en Nueva York. En ese mismo año, Inglaterra montó la primera exhibición de alumbrado eléctrico.

Cuando la lámpara incandescente se introdujo, existía el temor de que pudiese ser dañina a la vista, particularmente si se utilizaba durante períodos dilatados de tiempo; el parlamento de Londres legisló prohibiendo el uso de lámparas sin pantallas o reflectores. Uno de los primeros reflectores comerciales a base de cristal plateado fue desarrollado por E. L. Haines e instalado en los escaparates comerciales de Chicago. Hubo numerosos esfuerzos por desarrollar lámparas más eficientes. Welsbach inventó la primera lámpara comercial con un filamento metálico, pero el osmio utilizado en ella era un metal sumamente raro y caro y su fabricación se interrumpió en 1907, al aparecer la lámpara de wolframio<sup>162</sup>, elemento descubierto en 1783 por los hermanos españoles Elhuyar, a partir de la wolframita<sup>163</sup>. En 1904, el norteamericano Willis R. Whitney produjo una lámpara con filamento de carbón metalizado, más eficiente. Convertir eficientemente energía eléctrica en luz fue un hecho con el descubrimiento del wolframio para la fabricación de filamentos y la lámpara con filamento de wolframio fue un importante avance en la fabricación de lámparas incandescentes. El wolframio rápidamente sustituyó al tántalo y al carbón en los filamentos metálicos. De hecho, la primera lámpara con filamento de wolframio, creada en Estados Unidos en 1907, estaba construida con wolframio prensado. William D. Coolidge, en 1910,

---

<sup>162</sup> Muchas veces se utiliza indistintamente el nombre de wolframio (volframio) o tungsteno; este último, dado por Scheele, se extendió más rápidamente entre la comunidad científica.

<sup>163</sup> La wolframita había sido descubierta cuatro años antes, en 1779, por Peter Whilfè, al examinar el mineral que actualmente se conoce como wolframita. Wolframio, paladio y platino son los tres elementos descubiertos por españoles.

descubrió un proceso para producir filamentos de wolframio, mejorando enormemente la estabilidad de este tipo de lámparas. En 1913, Irving Langmuir introdujo gases inertes dentro del cristal de la lámpara, logrando retardar la evaporación del filamento y mejorar su eficiencia. Al principio se utilizó nitrógeno puro con tal fin, pero luego se mezclaron otros gases como el argón con el nitrógeno en proporciones variantes. El bajo costo de producción, la facilidad del mantenimiento y su flexibilidad dio a las lámparas incandescentes con gases tal importancia que las otras lámparas incandescentes prácticamente desaparecieron. Durante los siguientes años se crearon numerosas lámparas con distintos tamaños y formas para usos comerciales, domésticos y de investigación.

Por otra parte, respecto a las “lámparas de descarga eléctrica”, es preciso citar que Jean Picard en 1675 y Johann Bernoulli sobre 1700 descubrieron que la luz puede ser producida al agitar mercurio. En 1850, el físico alemán Heinrich Geissler<sup>164</sup> inventó el tubo Geissler, con el cual logró producir luz mediante una descarga eléctrica en un gas noble. John T. Way, creó el primer arco de mercurio en 1860. Los tubos se usaron inicialmente solo en investigación y, utilizando tubos Geissler, Moore, en el periodo 1891 - 1904 introdujo nitrógeno para producir una luz amarilla y dióxido de carbono para producir luz de color rosado-blanco, color similar a la luz solar, lámparas ideales para comparar colores. La primera instalación comercial con los tubos Moore, se hizo Newark, New Jersey, en 1904. El tubo Moore era difícil de instalar, reparar, y mantener; el mismo Moore en 1901 había comercializado una lámpara de mercurio con una eficiencia dos o tres veces mayor que una lámpara incandescente, pero con la limitación de que su luz carecía totalmente del color rojo. La introducción de otros gases fracasó para lograr un mejor balance del color, hasta que Moore ideó una pantalla fluorescente que convertía parte de la luz verde, azul y amarilla en roja, mejorando así el color de la luz. Peter Moore Hewitt realizó su primera instalación en las oficinas del New York Post en 1903 y por su luz uniforme y sin deslumbramiento, la lámpara fluorescente inmediatamente encontró gran aceptación en Norteamérica.

---

<sup>164</sup> GAMOV, GEORGE: *The great physicists: from Galileo to Einstein*. New York: Dover Publications Ins. , 1988 (Op. Cit.).

La investigación en el uso de gases nobles para iluminación continuaba. En 1910 Georges Claude, estudió en Francia lámparas de descarga con varios gases nobles, como neón, argón, helio, criptón y xenón, llegando a las lámparas de neón, cuyo uso fue enseguida aceptado para escaparates y anuncios, dada su flexibilidad, luminosidad y brillantes colores, pero su baja eficiencia y colores específicos la privarían de utilidad en la iluminación doméstica. En 1931, se desarrolló una lámpara de alta presión de sodio, que, a pesar de su alta eficiencia, no resultó satisfactoria en el alumbrado de interiores, principalmente por su color amarillo, pero se pudo aplicar en el alumbrado público, donde su color no se consideró crítico. A mediados del siglo XX las lámparas de sodio de alta presión eran habituales en calles, carreteras, túneles y puentes de todo el mundo.

El fenómeno fluorescente se había conocido desde antiguo, pero las primeras lámparas fluorescentes surgieron en Francia y Alemania en el siglo XX y en 1934 se desarrolló la lámpara fluorescente en los Estados Unidos como fuente de bajo consumo de electricidad y con una gran variedad de colores, por la fluorescencia de ciertos compuestos excitados con radiación ultravioleta. En efecto, la primera lámpara fluorescente era un arco de mercurio de unos 15 vatios, dentro de un tubo de vidrio recubierto con sales minerales fluorescentes, que en realidad eran fosforescentes. La eficiencia y el color de la emisión venían determinados por la presión de vapor y las sustancias fosforescentes utilizadas; las lámparas fluorescentes se introdujeron comercialmente en 1938 y su rápida aceptación marcó un desarrollo importante en la iluminación artificial. En 1944 se realizaron las primeras instalaciones de alumbrado público con lámparas fluorescentes y a partir de la segunda guerra mundial se desarrollaron nuevas lámparas y tecnologías mejoraron su eficiencia y las adecuó a usuarios y aplicaciones. Entre estos desarrollos, tenemos las lámparas de alta frecuencia, que eliminan el parpadeo de la luz, y la lámpara fluorescente compacta doméstica.

Lámpara de arco voltaico de Krizík [MFH sn] (figura 146). Foto número: 325. Son sus medidas: 55,4 cm de altura, 13,7 cm de ancho y 13,7 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, soporte de madera y el visor de la

lente de vidrio. Su estado de conservación es regular, pues se encuentra oxidada, torcida, mal alineada y ha recibido repetidos golpes. El diseño de este instrumento se debe a Frantisek Krizík<sup>165</sup> y quien le aplicó en electrotecnia, modificando el diseño de la lámpara de Yablochkoff, para mejorar el ajuste de los electrodos de carbono para una emisión más homogénea, sin intermitencias. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

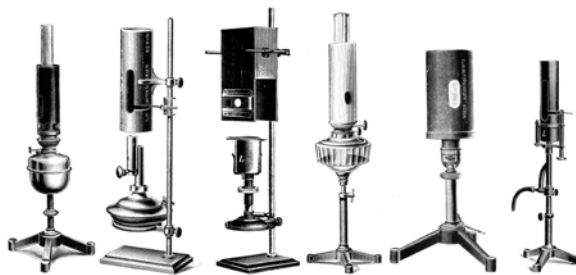
---

<sup>165</sup> Frantisek Krizík nació el 8 de julio de 1847, en el seno de una familia muy modesta, el mismo año que Thomas Alva Edison, Pavel Nikolayevich Yablochkoff y Alexander Graham Bell. Debido a la falta de recursos Krizík pudo matricularse en el Instituto Politécnico, de Praga, solamente como alumno extraordinario, y simultáneamente trabajaba en la empresa Kaufman, fabricante de equipos de señalización para las compañías de ferrocarril del imperio austro-húngaro. Y con el ferrocarril están relacionados también los primeros inventos de Krizík, como el sistema de señalización que permitió reducir la distancia entre los trenes que circulaban uno tras otro en la línea. Dicho sistema fue implantado en todo el imperio austro-húngaro del que Chequia formaba parte en aquel entonces, y en el exterior, por ejemplo, en el túnel de San Gotardo, en Suiza. Krizík construyó también un semáforo eléctrico ya que los mecánicos eran poco confiables, y un sistema de manejo remoto de las agujas. En 1878 Krizík visitó la exposición mundial de París donde lo fascinaron las llamadas velas de Yablochkoff, es decir, lámparas de arco voltaico que irradiaban una luz extraordinariamente intensa, pero que se apagaba pronto ya que los electrodos de carbón se consumían con demasiada celeridad. Tras regresar a Bohemia, Krizík empezó a buscar obstinadamente una nueva construcción de la lámpara de arco que no tuviera los defectos de la de Yablochkoff. En la nueva lámpara de Krizík los electrodos de carbón mantenían una distancia constante y la luz emitida no presentaba interrupciones. Krizík instaló en la ciudad de Pilsen un taller donde con tres obreros inició la fabricación de sus novedosas lámparas de arco que iluminaron por primera vez una fábrica de papel en la propia metrópoli de Bohemia Occidental, Pilsen. En la exposición de París, de 1881, donde Edison presentó la bombilla, Bell su teléfono y Siemens la dinamo, el inventor checo Frantisek Krizík obtuvo la medalla de oro por su original construcción de la lámpara de arco. Fue la única medalla de oro que se llevó del certamen el imperio austro-húngaro. En el mismo año fue fundada en Inglaterra una sociedad anónima que empezó a fabricar las lámparas de Krizík, bautizadas para fines comerciales como "*The Pilsen Lamp*". Dichas lámpara de arco se fabricaban también en Francia y Alemania. En 1891 se celebró en Praga una gran exposición nacional donde Krizík instaló su fuente luminosa, un surtidor iluminado con luces eléctricas de color y con un potente foco, instalado en la torre del Palacio Industrial, en el recinto ferial capitalino. Chorros de agua lanzados con ayuda de una máquina de vapor a 25 metros de altura e iluminados con lámparas de arco, proporcionaban a los visitantes un espectáculo inédito que éstos contemplaban maravillados. A Krizík se debe también la primera línea del tranvía eléctrico en Praga. Para los transportes urbanos de Viena construyó en 1903 una locomotora eléctrica con cuatro motores. Para gran asombro de los especialistas, la máquina logró arrastrar durante las pruebas 14 vagones. El domingo 21 de junio de 1903 fue inaugurada la primera línea de ferrocarril en el imperio austro-húngaro. Frantisek Krizík necesitó tan sólo 14 meses para construir dicha línea eléctrica de 23 kilómetros que enlazaba - y sigue enlazando - las ciudades de Bechyne y Tábor, en Bohemia del Sur. Una de las locomotoras eléctricas construidas en aquel entonces prestó servicios durante setenta años y dejó de circular regularmente en 1973. Frantisek Krizík construyó también tres automóviles eléctricos que durante los ensayos treparon incluso la empinada calle de Neruda que conduce al Castillo de Praga. Krizík fabricaba dinamos, edificaba centrales eléctricas, instalaba iluminación eléctrica en fábricas de azúcar, plantas de maquinaria y en cafés. Krizík era un empresario honesto, no sabía negociar con los bancos, y a veces aceptaba pedidos poco lucrativos tan sólo para dar trabajo a sus obreros. Al fallecer a la edad de 94 años, no dejaba una gran fortuna, a pesar de haber sido en su tiempo uno de los empresarios checos más conocidos.



**Figura 146. Lámpara de arco voltaico [MFH sn].**

Lámpara de sodio para polarímetro [MFH 2991] (figura 148). Foto número: 122. Son sus medidas: 44,7 cm de altura, 16,0 cm de ancho y 16,0 cm de fondo. Los materiales con los que esta lámpara se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es muy bueno. Tiene un quemador para gas, que entraba por la espita izquierda. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 147. Diferentes lámparas para polarimetría.**



**Figura 148. Lámpara de sodio para polarímetro [MFH 2991].**

Lámpara de vapor de sodio de 45W y 50 Hz y su fuente de alimentación [MFH 3567] (figura 149). Foto número: 011. Este aparato fue fabricado por la casa *Mazda*, en Inglaterra. Son las medidas de la lámpara 25,0 cm de altura, 6,5 cm de ancho y 6,5 cm de



fondo y ostenta un cable de 80 cm de longitud. Los materiales con los se halla construida son: controlador metálico; lámpara de vidrio, metal y cerámica. Respecto a su estado de conservación, hay que decir que en la lámpara la camisa externa está rota; el resto de la fuente se halla en buen estado. En el momento de la foto, se encontraba en la biblioteca de la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 149. Lámpara de vapor de sodio y su fuente de alimentación [MFH 3567].**

Lámpara de sodio para polarímetro [MFH sn] (figura 150). Foto número: 211. Son sus medidas: 41,2 cm de altura, 12,0 cm de ancho y 12,0 cm de fondo. Los materiales con los que se halla construido son: metal, base de madera. Su estado de conservación es bueno, está hueca y solamente requiere limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la

Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 150. Lámpara de sodio para polarímetro [MFH sn].**

Fuente de radiación [MFH 4144] (figura 151). Foto número: 018. Este aparato fue fabricado por la casa *F. Hellige*, en la ciudad de Freiburg, Alemania y fue importado por *Establecimientos Jodrá*. Exhibe el nombre del modelo “*Cañón de luz*”, en castellano, por lo que éste debió ser puesto por el importador o por el subdistribuidor, *Productos Ovínicos*, cuyo despacho central principal estaba en Madrid, España. Son sus medidas: 24,5 cm de altura, 37,6 cm de ancho y 16,5 cm de fondo. Los materiales con los que esta fuente de radiación se halla construida son: metal y vidrio. Su estado de conservación precisa limpieza, pero le falta la bombilla. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de

la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. El funcionamiento de esta lámpara incandescente es sencillo y se basa en el principio de que cuando un material opone resistencia al paso de la energía eléctrica genera calor y comienza a ponerse incandescente, con lo que emite luz<sup>166, 167</sup>.



**Figura 151. Fuente de radiación [MFH 4144].**

Lámpara ultravioleta de mercurio de Hanau [MFH 3109] (figura 152). Foto número: 028. Esta lámpara fue fabricada en el año 1930. Son sus medidas: 31,5 cm de altura, 37,2

---

<sup>166</sup> Sir Joseph Swan había desarrollado, alrededor del año 1850, una lámpara de filamentos incandescente, donde se hacía pasar una corriente eléctrica a través de un trozo de carbón o resistencia de alambre, calentándolo hasta ponerlo al rojo.

<sup>167</sup> ALLARD, E: *Phares et balises au XIXeme siècle*. Paris: Presses d'école nationale des ponts et chaussées D. L., 1995, (Op. Cit.). La idea no era nueva, ya que a comienzos del siglo XIX, Sir Humphry Davy había inventado el arco voltaico de carbón y en 1870 había una serie de lámparas voltaicas basada en este invento para faros, edificios públicos y espacios abiertos (

cm de ancho y 16 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal y cuarzo. Su estado de conservación es bueno y tan solo el cable se halla en mal estado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. Este instrumento procede del Centro Nacional de Farmacobiología.



**Figura 152. Lámpara ultravioleta de mercurio de Hanau [MFH 3109].**

Lámpara de cátodo hueco para absorción atómica<sup>168</sup> [MFH sn] (figura 154). Foto número: 232. Posee reguladores de 10 mA máxima de corriente, y entrada de gas neón. Este aparato fue fabricado por la casa *Cathodeon Ltd*, en Nuffield Road, en la ciudad de Cam-

---

<sup>168</sup> Alan Walsh fue el creador de los métodos de absorción atómica en la Química analítica, que revolucionaron el análisis cuantitativo en las décadas 1950-1970. La técnica de absorción atómica era rápida, sencilla, precisa y muy sensible a la hora de determinar más de 65 elementos, cuyas determinaciones por los tradicionales métodos húmedos pronto quedaron obsoletas.

bridge, Inglaterra. Corresponde al modelo *tipo 3unx/a1* y exhibe el número de serie 12550. Son sus medidas: 15,9 cm de altura, 3,5 cm de ancho y 3,5 cm de fondo. Los materiales con los que se halla construido son: base cerámica, vidrio, soporte y bayoneta metálica. Su estado de conservación es muy bueno y denota poco uso. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. La lámpara de cátodo hueco es la mejor fuente de radiación posible para un equipo de absorción atómica<sup>169</sup>, técnica cuyo padre se considera a Alan Walsh (figura 153) y donde es importante que a la llama del espectrofotómetro de absorción atómica llegue, para su detección, el mayor número posible de átomos neutros del analito<sup>170</sup>. La radiación generada en una lámpara de cátodo hueco se emite a partir de átomos excitados del mismo elemento a determinar por absorción atómica; así, para determinar cromo, es preciso una lámpara de cátodo hueco de cromo o para determinar aluminio es precisa una lámpara de cátodo hueco de aluminio. Siendo así, la excitación de la fuente o lámpara es la misma que ha de absorber el (mismo) elemento en el analito, con lo cual la técnica logra gran sensibilidad y selectividad, pues otros elementos presentes en la muestra no deberían absorber a esa longitud de onda y quedan, por tanto, sin interferir.



**Figura 153. Alan Walsh (1916-1998).**

---

<sup>169</sup> También existen lámparas de descarga sin electrodos, mucho menos utilizadas.

<sup>170</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores: *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 77.



**Figura 154. Lámpara de cátodo hueco para absorción atómica [MFH sn].**

Fuente de chispa [MFH sn] (figura 155). Foto número: 231. Este aparato fue fabricado por la casa *Carl Zeiss*, en Jena, Alemania. Son sus medidas: 34,5 cm de altura, 34,5 cm de ancho y 23,9 cm de fondo. Los materiales con los que se halla construido son: metal, dos electrodos perpendiculares de grafito, bornes cerámicos. Su estado de conservación es razonablemente bueno, con los tornillos oxidados. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 155. Fuente de chispa [MFH sn].**

Fuente de chispa [MFH sn] (figura 156). Foto número: 233. Este aparato fue fabricado por la casa *Spencer Lens Co.*, en Búfalo, Estados Unidos. Son sus medidas: 19,2 cm de altura, 15,9 cm de ancho y 8,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, dos electrodos perpendiculares de grafito, bornes cerámicos. Respecto a su estado de conservación, los electrodos están muy poco gastados, aunque necesita limpieza y vemos que internamente se encuentra oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 156. Fuente de chispa [MFH sn].**

Tubos para descarga de gases enrarecidos [MFH sn] (figura 157). Foto número: 156. Posee 6 tubos y fue distribuido por la casa *M. Álvarez, material científico*, casa de distribución sita en la calle Mayor, número 76 de Madrid, España. Son sus medidas: 70,5 cm de altura, 49,5 cm de ancho y 15,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, vidrio, metal. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales, en el despacho del Prof. Dr. Benito del Castillo.





**Figura 157. Tubos para descarga de gases enrarecidos [MFH sn].**

En cuanto a los receptores de radiaciones, los detectores más utilizados en espectrofotometría responden a dos tipos: diodos (fotocélula) y tubos fotomultiplicadores. Los espectrofotómetros, utilizados en innumerables determinaciones cuantitativas de sustancias que absorben la radiación ultravioleta o visible, por poseer éstas dobles enlaces en su molécula o porque se han hecho reaccionar con un reactivo, montan como detector un diodo o un fotomultiplicador (figura 158). Los equipos de gama alta poseen fotomultiplicador, mientras que los de gama más baja alinean en su óptica diodos. En la colección existe un ejemplar de fotomultiplicador, que a continuación se describe.

Tubo fotomultiplicador [MFH sn] (figura 159). Foto número: 200. Posee escalas de medida, de 430 AU. Este aparato fue fabricado por la casa *Dr. Berthold*, en la ciudad de Wildbad, Alemania. Son sus medidas: 23,3 cm de altura, 3,8 cm de ancho y 3,8 cm de fondo. Los materiales con los que este tubo fotomultiplicador se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. El tubo fotomultiplicador convierte fotones en señal eléctrica; por su gran ganancia, resulta un detector muy sensible, que equipa la mayoría de los espectrofotómetros. Consiste en un fotocátodo y una serie de dínodos dentro de una ampolla de cristal en condiciones de vacío. Cuando un fotón de suficiente energía incide en su fotocátodo, hace que salga de éste un fotoelectrón (efecto fotoeléctrico). El material del fotocátodo habitualmente es una mezcla de metales alcalinos, lo cual hace al fotomultiplicador sensible a fotones de la región ultravioleta y visible. En el fotocátodo se instaura un voltaje negativo, alto, generalmente entre -500 y -1500 voltios. Aquel fotoelectrón primeramente emitido es acelerado hacia una serie de electrodos adicionales, llamados “dínodos”, donde se aplican potenciales negativos crecientes, de forma que en cada uno se generan (multiplican) cada vez más fotoelectrones; así, un fotomultiplicador genera de  $10^5$  a  $10^7$  electrones por cada fotoelectrón generado primeramente en el fotocátodo, siendo la amplificación dependiente del número de dínodos y del voltaje acelerador. La señal final resultante del fotomultiplicador se colecta en un ánodo y puede medirse fácilmente.



**Figura 158. Tubos fotomultiplicadores y fotosensibles.**



**Figura 159. Fotomultiplicador [MFH sn].**

## 9. ÓPTICA GEOMÉTRICA Y MICROSCOPIA

### ÓPTICA

En este capítulo encontramos instrumentos de la colección, completos o parte de los mismo, tan diversos como un espejo ustorio, binoculares con brazo o estereoscopios Wheatstone, proyectores de cuerpos opacos, platinas de microscopios, linternas de proyección, lentes o diafragmas, pero fundamentales para la investigación si no situamos en el lugar de las personas que los manejaron<sup>171, 172</sup>.

El estereoscopio fue creado por el profesor Wheatstone<sup>173</sup> en 1838, sólo un año después de que Daguerre idease el daguerrotipo en París y casi a la vez de que Fox Talbot enviase su comunicación a la Real Sociedad, proporcionando un método de lograr transferir imágenes sobre papel (fotos)<sup>174</sup>. El estereoscopio posibilitaba observar superficies como algo sólido. Todas las fotos tomadas en condiciones de buena perspectiva y luz pueden proporcionar más o menos un efecto de “solidez”, pero sólo con un estereoscopio dicho efecto produce una apariencia real e incluso parece verdadero. Los orígenes del estereoscopio están relacionados con las investigaciones que se realizaban entre 1820 y 1830 sobre la visión subjetiva y más generalmente con el campo de la visión fisiológica del XIX. Las dos figuras claves asociadas con su invención fueron Charles Wheatstone y Sir David Brewster, quienes habían investigado sobre las ilusiones ópticas, la teoría del color, las imágenes y

---

<sup>171</sup> BORJA DEVESA, JOSÉ MIGUEL: *Historia Gráfica de la Óptica*. Barcelona: Editorial Jims, 1990.

<sup>172</sup> BROWN, OLIVIA: *Microscopes*. Cambridge: Whipple Museum of the History of Science, 1987 (Op. Cit.).

<sup>173</sup> MAC CONNELL, ANITA: *Instruments makers to the world: a history of Cooke, Troughton & Simms*. New York: William Sessions, 1992. Sir Charles Wheatstone nació en Gloucester en 1802. Eminente electricista (en el noble sentido antiguo de la palabra) y físico, durante muchos años fue profesor de filosofía natural en el *King's College* de Londres. Wheatstone fue el primer científico en introducir y realizar aplicaciones prácticas del telégrafo (eléctrico) en Inglaterra, junto a Cooke, casi al tiempo que Morse los realizaba en América. Wheatstone inventó el estereoscopio y recibió el título de “Sir” en 1868, para ser durante algunos años vicepresidente de la Real Sociedad, de la cual había sido elegido miembro en 1836. Recibió dos veces la Medalla Real de esta Real Sociedad y en 1868, la Medalla Copley. Wheatstone murió en 1875.

<sup>174</sup> TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998 (Op. Cit), p. 102.

otros fenómenos virtuales. Wheatstone fue de hecho el traductor de la mayor disertación de Purkinje en 1823 sobre postimágenes y visión subjetiva, publicada en inglés en 1830. Pocos años después Brewster resumió las investigaciones existentes sobre aparatos ópticos y visión subjetiva. En 1849 Sir David Brewster inventó “el estereoscopio Brewster”<sup>175</sup>, para poder ver con él las imágenes por transparencia o con la ayuda de una luz reflejada, pero la fotografía estereoscópica quedó limitada a ser uno de los muchos divertimentos de la alta burguesía. Brewster se sorprendió al enterarse de que habían sido vendidos más de medio millón de aparatos. Básicamente, el estereoscopio de Brewster tenía el aspecto de una caja en forma de pirámide truncada. En el extremo superior colocó dos lentes, cada una de ellas con una distancia focal aproximada de 6 pulgadas<sup>176</sup>. En el extremo opuesto había un marco que sostenía dos fotografías, cada una de ellas de un tamaño aproximado de 3 x 3 pulgadas (7,5 x 7,5 cm.), yuxtapuestas una al lado de otra. La base de la caja era de vidrio esmerilado, con lo que las transparencias podían ser vistas con luz refractada, mientras que los daguerrotipos y las copias en papel se veían gracias a la luz que entraba por la abertura de una ventana que tenía una superficie interior plateada. Las lentes tenían forma de cuña, formando prismas, con lo que se dividía la línea de visión y cada imagen era vista en su marco completo, aunque estaban separadas por una distancia mayor que la existente entre las mirillas. Pero el principal inconveniente achacable al estereoscopio de Brewster era que su placer era solitario, pues no permitía que dos personas disfrutasen de la misma vista al mismo tiempo. Quizá por este inconveniente y a pesar del avance que supuso, los ópticos londinenses inicialmente no supieron ver en él su faceta comercial y se mostraban remisos a invertir dinero en la fabricación de un aparato por el que no sentían el más mínimo interés. De ahí que Brewster se trasladase a París, donde el abate Moignot y los ópticos Duboscq y Soleil acogieron sus experimentos. El estereoscopio se fabricó entonces en la empresa Du-

---

<sup>175</sup> Los primeros intentos de Brewster en este campo datan de 1844, cinco años después de la presentación del daguerrotipo. Brewster, que estaba relacionado con Talbot, Adamson y David Octavius Hill pudo adaptar sus trabajos a la incipiente técnica fotográfica. Al principio, Brewster hacía sus fotografías con una cámara monocular cuyo objetivo se desplazaba horizontalmente sobre una plancheta graduada. A partir de 1849 la sustituyó por una cámara binocular que al obtener sincrónicamente las dos imágenes le permitía realizar retratos estereoscópicos, pero, lógicamente, siempre de objetos o personas inmóviles ya que la mecánica de precisión no había alcanzado el nivel adecuado para fabricar un obturador suficientemente rápido como para “fijar” el movimiento.

<sup>176</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 131, 311.

boscq & Soleil, dedicada a instrumentos ópticos científicos. Un ejemplar se exhibió en el Crystal Palace de Londres, en el marco de la Exposición Universal de 1851. La propia reina Victoria, que presidía la inauguración, recibió y aceptó como regalo un modelo de lujo lo cual supuso una excelente publicidad para el invento: el estereoscopio estaba definitivamente lanzado y no sólo como instrumento científico y de precisión sino como uno de los artículos de diversión para las familias pudientes.

En 1851 Duboscq diseñó y fabricó el estereoscopio, para luego solicitar -y finalmente obtener- su patente. Por fuerza, Duboscq tuvo que conocer que un año antes, en 1850, Charles Wheatstone (1802-1875) había realizado una versión mejorada del estereoscopio, aparato con el cual acudió a París para mostrarlo en una serie de demostraciones prácticas. Wheatstone había presentado, con escaso éxito, doce años antes, en junio de 1838, ante la *Royal Scottish Society of Arts*, el fenómeno de la visión binocular. Wheatstone realizó dibujos tridimensionales y un aparato para verlos, aparato que llamó “estereoscopio de espejo reflector” (*reflecting mirror stereoscope*), modelo que se guarda en el Museo de Ciencias de Londres. Transcurridos doce años, en 1850, el también escocés David Brewster creó un primer aparato capaz de realizar ese tipo de fotografías, que denominó “estereoscopio lenticular”. En 1851 Archer (1813-1857) introdujo el proceso de revelado con yoduro de potasio, para sumergir los negativos fotográficos en nitrato de plata, antes de colocarlo en la cámara para realizar la “instantánea”, proceso que continuó siendo la técnica de elección durante las siguientes dos décadas. Ignoramos si las investigaciones de Archer modificaron o alteraron en lo fundamental la línea creadora de Duboscq o sus diseños instrumentales, pero es un hecho que Duboscq construyó y mejoró el estereoscopio, como que Duboscq vivió y trabajó casi únicamente dedicado a la instrumentación de laboratorio. Con todo, gracias a sus trabajos sobre el estereoscopio, Duboscq fue laureado con medallas en la Gran Exposición de Londres de 1851<sup>177</sup>, así como en la de París de 1855 y 1856. La Gran Exposición de Londres resultó el lance idóneo para que Duboscq pudiese parificar el estereoscopio de Brewster, exponiéndolo, así como una amplia gama de sus creaciones: un sa-

---

<sup>177</sup> TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Nineteenth century scientific instruments*. London: Sotheby Publications, 1983 (Op. Cit.), p. 309

carímetro, un helióstato, un cianopolarímetro, un goniómetro, un aparato de descarga luminosa por arco, etc. Hay que matizar que el primer estereoscopio lenticular diseñado por Brewster, en 1846, había pasado desapercibido entre los ópticos y físicos británicos. Es prácticamente seguro que Duboscq tuvo que conocer por boca de Brewster estos hechos, cuando Brewster visitó París en 1850 y el propio taller de Duboscq, quien enseguida se entusiasmó con la idea del estereoscopio de Brewster y se empeñó en construir el instrumento, al tiempo que realizó fotos estereoscópicas. En realidad, el estereoscopio y las fotos fueron, sin duda, la gran atracción de la Gran Exposición londinense de 1851, incluso la de la misma reina Victoria cuando ésta y el príncipe Alberto visitaron con tal motivo el Crystal Palace. El entendido público inglés y extranjero quedó positivamente impresionado y el Comité de la Exposición otorgó una medalla a los diseños de Duboscq, en reconocimiento a sus méritos. Aún le daría tiempo a Duboscq a fabricar un bello estereoscopio antes de que terminase la Exposición, con lo cual la fama del aparato y la popularidad de su creador subieron como la espuma. El estereoscopio tomó un irresistible impulso tras la exhibición de Crystal Palace. La subsiguiente fama del aparato (y también de su creador y del taller de éste) haría que la industria desarrollase más modelos de estereoscopios, y se fabricaron y vendieron la impensable cantidad de 250.000 estereoscopios en poco tiempo, a un público que demandaba fotografías “tridimensionales”. Se podría cuestionar que Duboscq fuese el primero en llevar a cabo fotografías estereoscópicas, pero gracias a él, las vistas o fotos y el popular juguete que las realizaba, obtuvieron el espaldarazo definitivo, responsable de su gran popularidad. Los daguerrotipos estereoscópicos que produjo Duboscq han quedado para la historia como unos de los mejores contruidos. Por sus “trabajos estereoscópicos”, Duboscq fue distinguido en 1857 con una medalla de oro de la *Société d'Encouragement de l'Industrie Nationale*. Indudablemente, Duboscq poseía documentación y datos históricos respecto a la captura estereoscópica de imágenes, como los clásicos de Leonardo da Vinci (1584), sobre cómo recrear la ilusión de profundidad visual. La estereoscopia o fotografía tridimensional había sido una quimera histórica. Los dos ojos del ser humano distan entre ocho y doce centímetros, por lo que cada ojo ve imágenes ligeramente distintas al otro. Si se toman dos fotografías separadas por la misma distancia existente entre dos ojos, con un visor adecuado, debería ser posible recrear la ilusión de profundidad. El concepto de tridi-

mensionalidad, avanzado por Wheatstone y Brewster, fue la base sobre la que Duboscq construyó estereoscopios y daguerrotipos estereoscópicos, que influyeron decisivamente sobre el interés de Antoine Claudet en la estereoscopia. Claudet patentó estereoscopios en 1853. Así, en parte gracias a Jules Duboscq, nacía la edad de oro de la estereografía. Duboscq murió en 1866, pero desde 1860 a 1930 fueron frecuentes las fotografías y postales como reflejo y documento histórico de la vida de entonces y sus acontecimientos. La *London Stereoscopic and Photographic Company* se había creado en 1850 y continuó durante setenta años. La *Stereoscopic Society* fue, a su vez, fundada en 1893, y todavía hoy existe.

Duboscq llevó a la práctica el método convencional de visualizar fotografías como un par de imágenes, una frente a cada ojo, para que el cerebro, al fusionar ambas imágenes, percibiese el sentido de “profundidad de campo” o estereoscopia de los objetos fotografados. Joseph D'Almeida, ignorando los avances de Duboscq, había realizado en 1859 experimentos similares. D'Almeida denominó el resultado “anaglífico tridimensional”, seguramente fundiendo en la acepción “anaglífica” las dos palabras griegas *anas*, nuevamente, y *glifos*, escultura. El resto de la historia es conocido. Solo, como dato, diremos que en 1868, el 40,1% de las fotografías del depósito legal de la Biblioteca Nacional Francesa eran ya vistas estereoscópicas. Ducos Du Hauron desarrolló otra forma de obtener imágenes anaglíficas, imprimiendo dos imágenes por foto, proceso aún muy popular hoy en día.

Realmente ignoramos quién creó el término “estereoscopia”, pero es evidente que, fuese Duboscq, Brewster o Wheatstone, tuvo que conjugar dos palabras griegas: *scopie*, observar y *stereo*, cuerpo sólido. El estereoscopio de Duboscq utilizaba dos imágenes de una misma escena, pero desde ángulos ligerísimamente distintos. Luego se visualizaban por separado en cada ojo, lo cual requería un aparato: el “estereoscopio”, cuyo primer diseño data de 1830, creado por Wheatstone; pero luego, gracias a los aparatos fabricados en el taller Duboscq, París fue la capital de la estereoscopia. Esas fotos se denominaron “vistas animadas” o “vistas instantáneas”, donde se podía percibir el movimiento de personas caminando y coches de caballos, aspectos inexistentes en otras fotografías. Esas primeras imágenes en



relieve causaron fascinación y dieron una percepción de profundidad y de volumen nunca antes percibida.

Jules Duboscq y su suegro François Soleil trabajaron en colaboración con el abate François Napoléon Marie Moigno (1804-1884), precursor en el uso pedagógico de las técnicas audiovisuales. Duboscq, por una parte, se consideraba el inventor de las linternas mágicas y Moigno, por otra, sería uno de los primeros conferenciantes en ayudarse de proyecciones en un praxinoscopio de Emile Reynaud, uno de sus discípulos. Posteriormente, la evolución de la estereoscopia continuaría a gran velocidad: en 1853 se comercializaron masivamente los primeros estereoscopios por Mackensteen y Voigtländer, lejos del carácter científico del taller de Duboscq. En 1853 apareció el libro sobre estereoscopia de Claudet, en Londres, seguido en 1856 por el de David Brewster, mucho más conocido, reeditado en 1970. En 1858 tuvo lugar la primera proyección pública en relieve, por parte de D'Almeida, en París. En 1860 se tiene noticia de las primeras aplicaciones científicas de la estereoscopia. En 1893 surge el primer aparato foto recargable a la luz del día, el “verascopio” de Jules Richard, el mismo año en que se crea la primera asociación de estereoscopistas, la Stereoscopic Society de Londres, como en 1903 fue la creación del Stéréo-Club Français. En 1915 nace la primera película de cine en relieve, por el método de “eclipses”. Un año más tarde ve la luz el formato fotográfico 6 x 13, hoy en día vigente. En 1949 se fabricó en serie, en gran número de unidades (cientos de miles), el primer aparato esterofotográfico, el “*Realist*” de Seton Rochwite. Estos fueron los primeros pasos para que, en 1990, surgiese el cine en relieve sobre pantalla gigante, el IMAX 3D.

Además de sus creaciones instrumentales, Duboscq fue un gran aficionado a la fotografía y permanece como uno de los grandes fotógrafos de todos los tiempos. En 1853 publicó el libro Reglas Prácticas de la Fotografía, donde explicaba cómo utilizar su estereoscopio. Su fama provocó su nombramiento como Oficial de la Legión de Honor. La compañía fabricante, llamada desde 1839 “Casa Soleil-Duboscq”, tras el matrimonio de Duboscq con Rosalie Jeanne Josephine o, como la llamaban en familia, Rosalie Jan, pasó, a la muerte de Soleil, a denominarse “Casa Duboscq-Pellin”. Finalmente, a la muerte del

mismo Duboscq, la compañía continuaría sus actividades como “Casa Pellin”, como veremos a continuación. Pellin continuaría, por su parte, la costumbre de Duboscq publicando un manual-guía de ocho páginas titulado “*Polarimètres et saccharimètres*”, en Tours, en la imprenta de los hermanos Deslis, en 1903.

Duboscq había sido distinguido con varias medallas en la Exposición Universal celebrada en Londres en 1851, en la de París de 1855 y con una medalla de oro en la también parisina de 1856. En 1855 Duboscq trabajó, codo con codo, con el joven químico Henri Edme Robiquet (1822-1866), fruto de cuya colaboración fue un método mejorado para el revelado de fotografías, a base de colodión. En 1861 Duboscq creó un nuevo instrumento fotográfico, el “policonógrafo”, una cámara con placas móviles capaz de realizar una baulumba de muchas pequeñas fotos en una única placa; de hecho, las famosas microfotografías de René Dagron (1819-1900) fueron realizadas con una cámara mejorada por Duboscq. A continuación, nuestro creador se interesó por la captura de imágenes en movimiento, proponiendo en 1855 un interesante aparato, el “fenacistiscopio”; más adelante, Duboscq combinaría la capacidad tridimensional de éste con la del estereoscopio, realizando un aparato, conocido indistintamente como “estereofantiscopio” (stéréofantoscope) o “bioscopio” (bioscope), instrumentos de los cuales ninguno ha sobrevivido, aunque nos queda constancia de ellos en los catálogos de la propia Casa Duboscq. Muchos físicos famosos, como Pasteur, Jamin, Babinet, Bertin, Crova, Violle, Becquerel y un largo etcétera, solicitaron la ayuda de Duboscq para materializar sus ideas en instrumentos. En 1849 Duboscq propuso un regulador automático de lámpara, mejora sustancial a la ideación anterior de Foucault. Entre 1850 y 1860 Duboscq compaginó sus múltiples actividades con la de mejorar la tecnología de lámparas existente, en colaboración con el mismo Foucault. Duboscq también introdujo y popularizó el uso de transparencias.

Espejo ustorio [MFH sn] (figura 161). Foto número: 235. Son sus medidas: 35,5 cm de altura, 10,5 cm de ancho y 9,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: soporte de metal, espejo de vidrio. Su estado de conservación es

bueno y está parcialmente oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. Una de las características de los espejos parabólicos consiste en que cualquier rayo que llegue paralelo a su eje se refleja siempre pasando por el foco de la parábola. Éste es el principio del espejo ustorio<sup>178</sup>, utilizado para elevar la temperatura de cualquier objeto colocado en este punto, concentrando sobre él los rayos solares. También era posible la aplicación inversa, esto es, la de enviar a larga distancia el calor producido por un objeto caliente colocado en el foco del espejo. Una de las características de los espejos parabólicos consiste en que cualquier rayo que llegue paralelo a su eje, se refleja siempre pasando por el foco de la parábola.



**Figura 160. Espejos de laboratorio.**

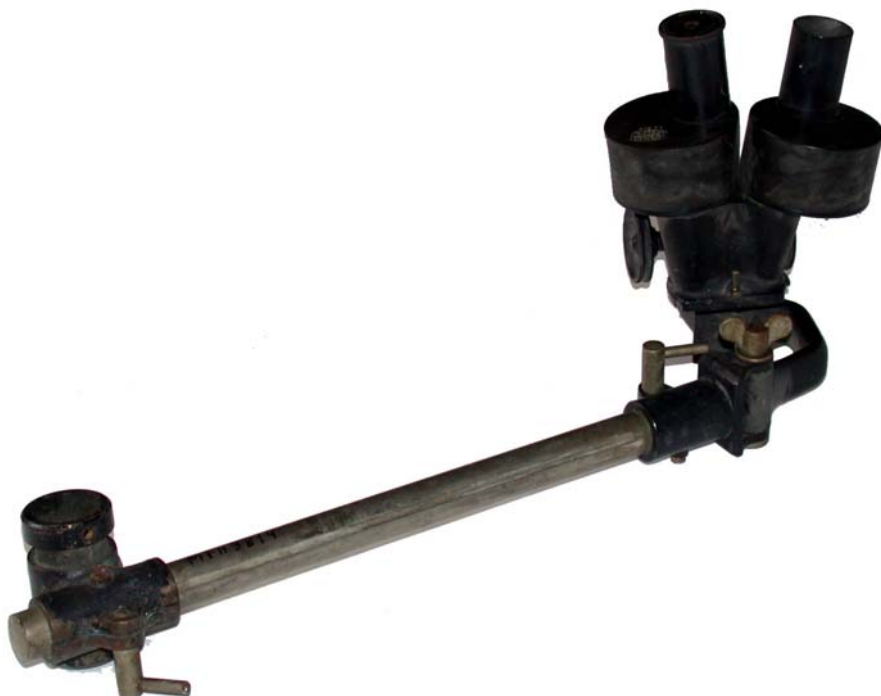
---

<sup>178</sup> GAMOV, GEORGE. *Biografía de la Física*. Madrid: Alianza Editorial, 1988. (Op. Cit) p. 30. Aunque el filósofo griego Aristófanes sabía que el vidrio puede emplearse como vidrio ustorio, a pesar que Ptolomeo, aprox. 150 después de J. C. , reconociera las regularidades ópticas elementares de la refracción de la luz e incluso que relatará sobre este tema detalladamente, y que Roger Bacon, aproximadamente en el año 1250, diera la prueba de que las personas que ven mal pueden volver a ver las letras si utilizan vidrios tallados, aún duró 300 años hasta que Snellius, entre 1600 y 1620, redactara las leyes de refracción.



**Figura 161. Espejo ustorio [MFH sn].**

Binocular con brazo o estereoscopio Wheatstone [MFH 3814] (figura 162). Foto número: 071. Este aparato fue fabricado por la casa *Spencer*, en Búfalo, Estados Unidos. Exhibe el número de serie 52317. Son sus medidas: 42,5 cm de altura, 11,5 cm de ancho y 17,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, óptica de vidrio. Su estado de conservación es bueno, parcialmente oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 162. Binocular con brazo o estereoscopio Wheatstone [MFH 3814].**

Proyector de cuerpos opacos o estereoscopio Wheatstone [MFH 4094] (figura 163). Foto número: 069. Este aparato fue fabricado por la casa *Carl Zeiss*, en la ciudad de Jena, Alemania. Son sus medidas: 23,0 cm de altura, 18,5 cm de ancho y 16,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con la óptica internamente en vidrio. Su estado de conservación solo necesita limpieza, está parcialmente oxidado y no funciona. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 163. Proyector de cuerpos opacos o estereoscopio Wheatstone [MFH 4094].**

Proyector de cuerpos opacos o estereoscopio Wheatstone [MFH 3809] (figura 166). Foto número: 070. Posee escalas de medida, de 5 = 10x, 10 = 20x y 15 = 30x. Este aparato fue fabricado por la casa *Ernst Leitz* (actualmente *Leica*), en la ciudad de Wetzlar, Alemania<sup>179</sup>. Exhibe el número de serie 287572. Son sus medidas: 17,5 cm de altura, 10,0 cm de

---

<sup>179</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores. *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 220. El origen de la Casa Ernst Leitz (actualmente *Leica*), debemos establecerlo en 1849, cuando Karl Kellner (figura 164) fundó el Instituto de Óptica en Wetzlar (Alemania), con el fin de fabricar telescopios. En 1855 Karl Kellner murió y su socio Friedrich Christian Belthle detentó el cargo de director, además de casarse con la viuda de Karl Kellner, levirato que desembocó con el cambio de nombre de la Compañía, que pasó a denominarse Instituto Óptico Kellner y Belthle. En 1865 la empresa contrató a un nuevo ingeniero, Ernst Leitz (1843-1920), quien pronto fue indispensable y enseguida llegó a ser socio de Bethle; pronto la dirección de la empresa decidió abandonar la fabricación de telescopios y poner todos los recursos de la Compañía en la fabricación de la línea de microscopios, creada por Ernst Leitz. En 1869 Bethle murió, quedando Ernst Leitz como director; éste, una vez más, renombró la Compañía “Instituto Óptico de Ernst Leitz”. La fabrica de microscopios en Wetzlar llegó, pronto, a ser reco-

ancho y 14 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, óptica de vidrio. Su estado de conservación es bueno, pues solo está parcialmente oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 164. Karl Kellner.**



**Figura 165. Oscar Barnack, creador de la primera cámara de formato 35 mm.**

---

nocida como una de las compañías más importantes de Europa y, por tanto, del mundo. Al tiempo, la Casa Leitz también fabricó otros instrumentos científicos ópticos, como, por ejemplo, los que nos ocupan. El éxito posterior de la compañía sólo fue posible gracias a los trabajos de Carl Metz, un matemático que contrató Ernst Leitz, en 1887 y que diseñó completamente las lentes de los microscopios Leitz. En 1900, con la llegada del nuevo siglo, los catálogos de la Casa Ernst Leitz afirmaban que habían fabricado 50.000 instrumentos. Desde esa fecha hasta 1911, se añadieron nuevos productos a los microscopios fabricados, como proyectores, binoculares y aparatos científicos, siempre ópticos. Oscar Barnack (figura 165) llegó contratado a la fábrica de Wetzlar con el cometido de fabricar una cámara fácil de transportar. Así nació la primera cámara de formato 35 mm. En 1920 Ernst Leitz murió y su hijo, Ernst Leitz II, heredó el negocio y la dirección de éste, que en 1923 iba a producir la primera serie de cámaras *Leica Nullserie*. En 1924 Ernst Leitz II decidió la fabricación a gran escala de la cámara de 35 mm que Oscar Barnack había inventado. “*Leica*” era, evidentemente, el acróstico de las primeras letras de Leitz y de Cámara. El resto de la historia, incluyendo la creación en 1949 del Laboratorio de Investigaciones Ópticas *Leica*, para investigar nuevas lentes y cristales, es conocido, además de por cualquier aficionado a la fotografía, por el gran público en general.



**Figura 166. Proyector de cuerpos opacos o estereoscopio Wheatstone [MFH 3809].**

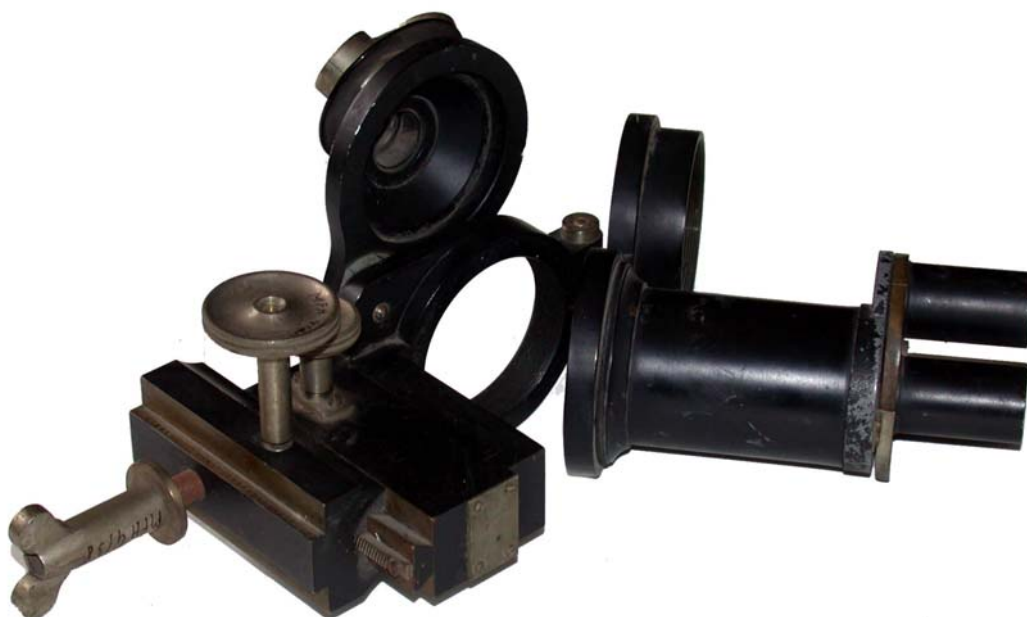
Platina de microscopio con diafragma (lente y soporte). Todos los datos se refieren al soporte grande, centro de la foto [MFH 3807] (figura 167). Foto número: 092. Son sus medidas: 25,3 cm de altura, 14,2 cm de ancho y 5,7 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. En cuanto a la lente (a la cual falta el vidrio) [MFH 3810], son sus medidas: 17,5 cm de altura, 8,9 cm de ancho y 2,2 cm de fondo. Los materiales con los que se halla construido son metálicos y le falta la lente, aunque dispone para ello de una rosca. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.





**Figura 167. Platina de microscopio con diafragma [MFH 3807] y soporte de lente [MFH 3810].**

Sistema de proyección para linterna de proyección [MFH 4138] (figura 168). Foto número: 068. Son sus medidas: 30,5 cm de altura, 19,0 cm de ancho y 13,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Respecto a su estado de conservación, se encuentra oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 168. Sistema de proyección para linterna de proyección [MFH 4138].**

Lentes para un fotómetro de Sibermann [MFH sn] (figura 169). Foto número: 258. Son las medidas del componente de la izquierda, 26,3 cm de altura, 8,5 cm de ancho y 6,0 cm de fondo, los materiales con los que se halla construido son metálicos, con una lente de vidrio, mientras que el componente de la derecha posee como medidas, 26,1 cm de altura, 7,8 cm de ancho y 5,7 cm de fondo, estando construido con metal y la lente de vidrio y siendo su estado de conservación muy bueno. En el momento de la foto, ambos se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. Evidentemente, echamos en falta el aparato principal, el mismo fotómetro (de Sibermann), un instrumento óptico que servía para medir focales, tanto de lentes aisladas, como de conjuntos ópticos (objetivos u oculares). La base del funcionamiento del fotómetro consistía en ilu-

minar un retículo y formar su imagen usando la lente o conjunto a medir sobre una regleta. El retículo contenía en una serie de intervalos de diferentes aumentos, de forma que se pueda medir focales desde unos pocos milímetros hasta 300 mm. La regleta se observaba gracias a un ocular que se desplazaba axialmente en el eje óptico hasta que se observaba nítidamente el retículo sobre la regleta. A continuación se colocaban los límites de uno de los intervalos del retículo sobre la regleta con el fin de medir la distancia entre las dos marcas del intervalo. Esta medida se multiplicaba por 2 ó por 0,5, según fuesen los aumentos del intervalo, para obtener la focal del elemento óptico.



**Figura 169. Lentes para un fotómetro de Sibermann [MFH sn].**

Soporte de lente [MFH sn] (figura 170). Foto número: 063. Son sus medidas: 20,5 cm de altura, 14,5 cm de ancho y 14,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, lente de vidrio. Su estado de conservación es bueno y

la lente se halla en buen estado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 170. Soporte de lente [MFH sn].**

Diafragma de cortinilla [MFH sn] (figura 171). Foto número: 175. Posee la misma estructura que los instrumentos de las fotos número 173 y 256-258, lo cual induce a sospechar que podrían pertenecer a un mismo aparato. Son sus medidas: 32,0 cm de altura, 14,5 cm de ancho y 5,6 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es razonable, aunque se abre la cortinilla con bastante dificultad. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 171. Diafragma de cortinilla [MFH sn].**

Lentes de retardo [MFH sn] (figura 172). Foto número: 237. Se trata de un juego de ocho lentes, fabricado por la casa *Dr. Hobein, Chemikalien apparat*, en la ciudad de Munich, Alemania. Son sus medidas: 5,0 cm de altura, 4,4 cm de ancho y 0,3 cm de fondo. Los materiales de construcción de cada lente son: metal, arandela interna de cartón y vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 172. Lentes de retardo [MFH sn].**

Lente [MFH sn] (figura 173). Foto número: 256. Son sus medidas: 24,7 cm de altura, 10,7 cm de ancho y 7,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, lente de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 173. Lente [MFH sn].**

Generador de interferencias ópticas [MFH sn] (figura 174). Foto número: 257. Son sus medidas: 27,3 cm de altura, 10,0 cm de ancho y 5,7 cm de fondo. Los materiales con los que se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 174. Generador de interferencias ópticas [MFH sn].**

La acepción “microscopía”<sup>180</sup> engloba diversos métodos analíticos y de investigación basados en el uso de microscopios, instrumentos ópticos que producen imágenes aumentadas de objetos muy pequeños<sup>181</sup>. Los microscopios montan dos lentes y, según su camino óptico, se agrupan en tres categorías: microscopios directos u ortoscópicos, microscopios invertidos y microscopios estereoscópicos o lupas. En los primeros, los microscopios directos u ortoscópicos, las lentes que forman la imagen se sitúan sobre la muestra y el sistema de iluminación debajo de la misma, disposición que obliga a preparar la muestra cortada en delgadas láminas, embebidas en parafina, plástico u otras sustancias, fijadas a un

<sup>180</sup> Del griego *micro*, pequeño, y *scopia*, visualizar.

<sup>181</sup> CLAY, REGINALD S.: *The History of the Microscope*. Londres: Charles Griffin and Company, 1932 (Op. Cit.).



soporte de cristal, para que la muestra pueda ser transiluminada<sup>182</sup>. En los microscopios invertidos, las lentes de formación de la imagen se hallan debajo de la muestra y el sistema de iluminación por encima de la misma, configuración necesaria cuando la muestra no se puede preparar en láminas delgadas, como es el caso de células vivas, cultivos, tejidos, placas Petri, etc., pero esta configuración requiere más espacio entre los dos conjuntos ópticos. En los microscopios estereoscópicos o lupas, las lentes de formación de imagen siempre están encima de la muestra y la iluminación, encima o debajo de ella; sirven sobre todo para observar muestras sin manipular con pocos aumentos, de una a sesenta veces. Su diseño permite obtener una imagen independiente en cada ocular y cuando ambos se combinan, se logra una visión estereoscópica de la muestra, en tres dimensiones<sup>183</sup>.

La forma más simple de microscopio data del siglo XV<sup>184</sup>. En un microscopio, la segunda lente aumenta la imagen producida por la primera, hecho conocido desde 1590<sup>185</sup>. En 1830 Lister estableció los principios teóricos de las lentes sin aberraciones cromáticas y esféricas. En la microscopía electrónica, surgida en 1930, la muestra se ilumina con un haz de electrones y se enfoca sobre un campo electrostático o electromagnético, con magnificación de más de 250.000 aumentos. La microscopía fotoacústica apareció en 1970 y utiliza sonidos de alta frecuencia, capaz de percibir objetos invisibles al microscopio óptico. La microscopía de barrido, que data de 1980, mide variaciones de la corriente eléctrica generada entre una sonda (de rayos X o de electrones) y la superficie de la muestra, con resolución a escala de átomos.

---

<sup>182</sup> BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6<sup>a</sup> ed., París: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834. (Op. Cit.) p. 285.

<sup>183</sup> CORRINGTON, JULIAN D.: *The microscope: a pictorial history*. The Journal of the microscope historical society p. 29-46.

<sup>184</sup> BROWN, OLIVIA: *Microscopes*. Cambridge: Whipple Museum of the History of Science, 1987 (Op. Cit.).

<sup>185</sup> MAC CORMICK, J. B.: *Eighteen century microscopes: synopsis of history and workbook*. Lincolnwood: Science Heritage, 1987.

A pesar de que cualquier estudiante de bachillerato diría que el microscopio se inventó, hacia 1610, por Galileo<sup>186</sup>, según los italianos, o por Jansen, inventor del microscopio compuesto, en opinión de los holandeses, lo “cierto” es que la invención del microscopio se atribuye a tres grandes científicos<sup>187, 188</sup>: Johannes Kepler<sup>189, 190</sup> (1571-1630), Galileo Galilei<sup>191, 192</sup> (1564-1642) y Christian Huygens<sup>193</sup> (1629-1695), cuyas aportaciones fueron retomadas posteriormente por René Descartes<sup>194, 195</sup> (1596-1650), Pierre de Fermat (1601-1665) y Giovanni Battista Porta (1543-1615). La palabra microscopio fue utilizada por primera vez por los componentes de la “*Accademia dei Lincei*”, una sociedad científica a la que pertenecían Galileo Galilei y Giovanni Battista della Porta, y que publicaron un trabajo sobre la observación microscópica del aspecto de una abeja. Sin embargo las primeras publicaciones importantes en el campo de la microscopia datan de 1660, cuando Malpighi, intentando probar la teoría de Harvey sobre la circulación sanguínea, observó al microscopio los capilares sanguíneos, y de 1665, cuando Hooke publicó su obra *Micrographia*; Robert Hooke, con la ayuda de un microscopio construido por él mismo, descubrió la célula<sup>196</sup>. También en 1665, Johannes Hevelius, coleccionador y constructor de telescopios y micros-

<sup>186</sup> BEDINI, SILVIO A.: *The Pulse of Time: Galileo Galilei, the determination of longitude and pendulum clock*. Firenze: Leo S. Olschki, 1991.

<sup>187</sup> CLAY, REGINALD S.: *The History of the Microscope*. Londres: Charles Grifin and Company, 1932 (Op. Cit.).

<sup>188</sup> BROWN, OLIVIA: *Microscopes*. Cambridge: Whipple Museum of the History of Science, 1987.

<sup>189</sup> Kepler es el primer científico que relacionó las matemáticas y los principios ópticos; sin embargo, su aporte técnico más importante fueron sus diseños de aparatos ópticos, contruidos por varias lentes. Kepler fue el primer científico diferenció objetivos y oculares.

<sup>190</sup> GAMOV, GEORGE. *Biografía de la Física*. Madrid: Alianza Editorial, 1988. (Op. Cit) p. 46.

<sup>191</sup> Galileo Galilei fue el inventor del tubo óptico, utilizado tanto para el telescopio como en el microscopio.

<sup>192</sup> TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998 (Op. Cit), p. 8, 91.

<sup>193</sup> LEIDEN, MUSEUM BOERHAAVE: *A question of time: Christian Huygens (1629-1695)*. Leiden: Museum Boerhaave, 1980. Christian Huygens postuló la teoría ondulatoria de la luz, la cual explica los fenómenos de polarización, difracción, interferencias y refracción de la luz.

<sup>194</sup> Descartes fue uno de los fundadores de la Época de Las Luces, y no sólo se estima como el inventor de la geometría analítica, sino también como el primer científico que estableció sistemas completos basados en principios matemáticos, mecánicos y ópticos. A él se debe el descubrimiento del índice de refracción, así como los estudios de la iluminación y sus proposiciones sobre la corrección de la aberración de esfericidad. Igual que Kepler fue uno de los primeros en explicar la óptica del arco iris.

<sup>195</sup> GUILLEMIN AMADÉE VICTOR: *El mundo físico*. Barcelona: Montoner y Simón, 1882 (Op. Cit). p. 56.

<sup>196</sup> CORRINGTON, JULIAN D.: *The microscope: a pictorial history*. The Journal of the microscope historical society p. 29-46 (Op. Cit.).

copios, inventó el sistema de enfoque fino para este último<sup>197</sup>. Por otra parte, Anton van Leeuwenhoek<sup>198</sup>, gracias a su destreza para tallar lentes<sup>199</sup>, hizo unas tan pequeñas que permitió aumentar su curvatura y tamaño<sup>200</sup>; fue este comerciante holandés quien, utilizando microscopios simples de fabricación propia, describió por primera vez protozoos, bacterias, espermatozoides y glóbulos rojos<sup>201</sup>. Durante el siglo XVIII el microscopio sufrió diversos adelantos mecánicos<sup>202</sup> que aumentaron su estabilidad y su facilidad de uso aunque no se desarrollaron mejoras ópticas sustanciales<sup>203</sup>. En 1691, Filippo Buonani desarrolló importantes perfeccionamientos de la óptica y mecánica del microscopio<sup>204</sup>. Leibniz, matemático, científico y filósofo, fundó en Alemana la primera escuela para el estudio de la microscopía, hecho que marcó el inicio de la época de la precisión derivada de los progresos técnicos y científicos en matemáticas, óptica, mecánica y, en general, investigación. Las mejoras más trascendentales surgirían en 1877<sup>205</sup>, cuando Abbe publicó su teoría del microscopio y, por encargo de Carl Zeiss, mejoró la microscopía de inmersión sustituyendo el agua por aceite de cedro, lo cual le permitió lograr dos mil aumentos<sup>206</sup>. Hacia 1930, se había alcanzado el límite teórico de los microscopios ópticos, no consiguiendo estos más de 500 o 1000 aumentos. Sin embargo, latía el anhelo científico de observar detalles en las estructuras celulares, como el núcleo, las mitocondrias, etc. Algo después, el microscopio electrónico de transmisión (TEM, *Transmisión Electronic Microscope*) fue el primer tipo de microscopio electrónico, desarrollado por Max Knoll y Ernst Ruska en Alemania en

---

<sup>197</sup> CORRINGTON, JULIAN D.: *The microscope: a pictorial history*. The Journal of the microscope historical society p. 29-46 (Op. Cit.).

<sup>198</sup> Antoni van Leeuwenhoek vivió en Holanda entre 1632 y 1723. Autodidacta, careció de formación universitaria, pero sus experimentos en microscopía le dotaron de un enorme prestigio y autoridad científica. En 1680 fue admitido como miembro de la Real Sociedad de Londres.

<sup>199</sup> TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998 (Op. Cit), p. 91-93.

<sup>200</sup> *La ciencia de la luz*. Barcelona: Prensa Científica, D. L., 1995 (Op. Cit.) p. 42.

<sup>201</sup> CLAY, REGINALD S.: *The History of the Microscope*. Londres: Charles Griffin and Company, 1932 (Op. Cit.).

<sup>202</sup> DUGAS, RENÉ: *A history of mechanics*. New York: Dover Publications, 1988.

<sup>203</sup> BROWN, OLIVIA: *Microscopes*. Cambridge: Whipple Museum of the History of Science, 1987 (Op. Cit.).

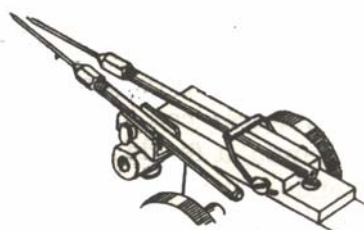
<sup>204</sup> TURNER, L. E.: *Catalogue of microscopes*. Firenze: Museo di Storia della Science de Firenze, 1991.

<sup>205</sup> CARL ZEISS, JENA. *Instrumentos ópticos de medición, catálogo resumen*. Jena, Madrid: Carl Zeiss, 1939.

<sup>206</sup> CARL ZEISS, STIFTUNG JENA. *A spectacle of spectacles: exhibition catalogue*. Leipzig: Edition Leipzig, 1988.

1931, que empleaba un haz de electrones en lugar de luz para enfocar la muestra, logrando 100.000 aumentos; posteriormente, en 1942 se desarrolló el microscopio electrónico de barrido (SEM, *Scan Electronic Microscope*).

Micromanipulador, con pie articulado y porta lupa [MFH 3562] (figura 176). Foto número: 378. Posee dos lentes y fue fabricado por la casa *Villasanta Óptico*, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 26,2 cm de altura, 19,5 cm de ancho y 7,7 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es perfecto. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



*Brinkman Instruments Inc.*

**Figura 175. Micromanipulador Brinkman.**



**Figura 176. Micromanipulador, con pie articulado y porta lupa [MFH 3562].**

Caja de micrómetro [MFH sn] (figura 177). Foto número: 165. En él se puede leer “*Micromanometer syringe outfit type Agla*”. Este aparato fue fabricado por la casa *Burroughs Wellcome & Co., The Wellcome Foundation*, en la ciudad de Londres, Inglaterra. Son sus medidas: 3,4 cm de altura, 15,0 cm de ancho y 9,4 cm de fondo. El material con que se construyó la caja es madera recubierta por material. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 177. Caja de micrómetro [MFH sn].**

Microscopio compuesto de trípode [MFH 893] (figura 179). Foto número: 289. Este aparato fue fabricado por la casa *Zacharias Janssen*, en Alemania, en el siglo XVIII<sup>207</sup>. Son sus medidas: 39,5 cm de altura, 12,9 cm de ancho y 18,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, con su óptica de cristal. Su estado de conservación es bueno, necesita ajustes, pues tiene holgura, y falta su portaobjetos. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este microscopio fue donado por el Dr. Cea. En la colección Nachet existe uno idéntico, catalogado con el número 70 como perteneciente a Nuremberg, instrumento que data del siglo XVIII. Se cree que el primer microscopio construido por Zacharias y Hans Janssen data de 1590<sup>208</sup>, periodo caracterizado por la evolución de las sencillas lentes manuales o “de mano” a diversos diseños de microscopio, que, con el tiempo, llegaría a ser bastante populares<sup>209</sup>. Los constructores holandeses, ingleses e italianos fueron particularmente creativos en ese periodo, pero, sea como fuere, durante la segunda mitad del siglo XVII, los constructores de microscopios ingleses construyeron “microscopios de trípode”, habitualmente en madera, mientras que los constructores italianos los fabricaban en metal (latón). Algunos prominentes microscopistas desarrollaron experimentos fundamentales para la situación posterior de la técnica, como Anton van Leeuwenhoek, Robert Hooke, Giuseppe Campani o Marcello Malpighi<sup>210</sup>.



**Figura 178. Microscopio compuesto.**

<sup>207</sup> TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998 (Op. Cit), p. 91.

<sup>208</sup> La saga de constructores de microscopios Janssen arranca en Hans Janssen, aunque su hijo Zacarías Janssen es el más conocido

<sup>209</sup> BROWN, OLIVIA: *Microscopes*. Cambridge: Whipple Museum of the History of Science, 1987 (Op. Cit.).

<sup>210</sup> CLAY, REGINALD S.: *The History of the Microscope*. Londres: Charles Griffin and Company, 1932 (Op. Cit.).



**Figura 179. Microscopio compuesto [MFH 893].**

Microscopio tipo Cuff [MFH 1041] (figura 180). Foto número: 296. Este aparato fue fabricado por la casa *A. Icart*, sita en el número 20 de Rue Mayet, en la ciudad de París, Francia, en el siglo XIX. Son sus medidas: 38,4 cm de altura, 16,4 cm de ancho y 17,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación es muy bueno, los mecanismos se mueven correctamente y requieren pocos ajustes. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. A finales del siglo XVIII, John Cuff introdujo el primer microscopio diseñado con el fin de lograr un fácil manejo, pero con un mecanismo de enfoque muy avanzado para su tiempo<sup>211</sup>; las

---

<sup>211</sup> TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998 (Op. Cit), p. 94-95.



innovaciones mecánicas posteriores permitieron nuevas generaciones de microscopios, aunque perduraría la típica aberración óptica de tales instrumentos<sup>212</sup>.



**Figura 180. Microscopio tipo Cuff [MFH 1041].**

Microscopio compuesto Adams [MFH 1042] (figura 181). Foto número: 299. Este aparato, del inventor Zacharias Jansen, fue fabricado por la casa *Adams, G. Son*, con domicilio en Fleetstreet, en la ciudad de Londres, Inglaterra, en el siglo XVIII<sup>213</sup>. Son sus medidas: 50,4 cm de altura, 24,9 cm de ancho y 24,9 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación es bue-

---

<sup>212</sup> CORRINGTON, JULIAN D.: *The microscope: a pictorial history*. The Journal of the microscope historical society p. 29-46 (Op. Cit.).

<sup>213</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 143, 166-167.

no, presentando una cierta holgura en su espejo. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 181. Microscopio compuesto Adams [MFH 1042].**

Microscopio tipo Cuff binocular [MFH 1043] (figura 182). Foto número: 297. Este aparato fue fabricado por la casa *Seibert* y data del siglo XIX. Son sus medidas: 43,4 cm de altura, 17,8 cm de ancho y 19,9 cm de fondo. Su estado de conservación es aceptable y necesita algunos ajustes, pues gira con holgura. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El conjunto de este microscopio, además del mismo, contiene una caja-estuche, una colección de objetivos y varias lentes y fue una donación del Dr. Portillo.



**Figura 182. Microscopio tipo Cuff binocular [MFH 1043].**

Microscopio inclinado de Nachet<sup>214</sup> [MFH 1048] (figura 184). Foto número: 298. Este aparato fue fabricado por la casa *Ross*, en la ciudad de Londres, Inglaterra, en el siglo XIX. Exhibe el número de serie 347. Son sus medidas: 46,0 cm de altura, 17,0 cm de ancho y 25,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación es bueno, pero el espejo se encuentra parcialmente oxidado, falta la pletina para muestras y observamos holguras. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

---

<sup>214</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 332.



**Figura 183. Microscopio inclinado de Nachet.**



**Figura 184. Microscopio inclinado de Nachet [MFH 1048].**

Microscopio compuesto Culpeper [MFH 1251] (figura 185). Foto número: 295. Este aparato, creado por el instrumentista Culpeper, fue fabricado por la casa *Zacharías Janssen*, en Inglaterra, en el siglo XIX. Son sus medidas: 25,3 cm de altura, 8,2 cm de ancho y 8,2 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido, aparte de la

óptica de cristal, son metálicos. En cuanto a su estado de conservación, está algo oxidado, se encuentra torcido y carece de lentes. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este microscopio fue donado por el Dr. Castillo de Lucas. A finales del siglo XVIII, los constructores ingleses de instrumentos científicos, particularmente ópticos, introdujeron versiones mejoradas del microscopio de trípode, basado en este diseño, inventado por Edmund Culpeper<sup>215, 216, 217</sup>.



**Figura 185. Microscopio compuesto Culpeper [MFH 1251].**

---

<sup>215</sup> CLAY, REGINALD S.: *The History of the Microscope*. Londres: Charles Grifin and Company, 1932 (Op. Cit.).

<sup>216</sup> BROWN, OLIVIA: *Microscopes*. Cambridge: Whipple Museum of the History of Science, 1987 (Op. Cit.).

<sup>217</sup> TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998 (Op. Cit), p. 90, 94.

Microscopio de campo de Cuff [MFH 1320] (figura 186). Foto número: 287. Este aparato, del inventor John Cuff, fue fabricado por la casa *Zacharias Janssen*, en el siglo XVIII. Son sus medidas: 21,0 cm de altura, 11,8 cm de ancho y 14,7 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: base de madera forrada en fieltro, metal, cristal. Su estado de conservación es bueno, estando su espejo ligeramente oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este microscopio fue donado por el Dr. León Villanúa.



**Figura 186. Microscopio de campo de Cuff [MFH 1320].**

Cinco piezas de microscopio [MFH 1335] (figura 187). Foto número: 290:

1. Estativo (izquierda). Se trata de un microscopio simple Gould<sup>218</sup> para ver preparaciones, aparato fabricado por la casa *Bancks*, con domicilio en 441 Strand, Inv., en la ciudad de Londres, Inglaterra. Son sus medidas: 8,8 cm de altura, 2,6 cm de ancho y 4,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos y su lente plana, de vidrio. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento fue donado por el Sr. Gandullo.
2. Soporte de madera (delante). Son sus medidas: 6,9 cm de altura, 2,9 cm de ancho y 0,3 cm de fondo. Los materiales con los que se halla construido son madera y papel. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.
3. Soporte de madera. Son sus medidas: 3,7 cm de altura, 3,7 cm de ancho y 0,1 cm de fondo. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.
4. Centro, izquierda. Pieza con rosca que posiblemente pertenece a otro conjunto diferente del de la foto, pues no encaja en éste. Son sus medidas: 2,5 cm de altura, 2,5 cm de ancho y 0,5 cm de fondo. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.
5. Prisma (centro, derecha). Este aparato fue fabricado por la casa *Nachet*, en la ciudad de París, Francia. Son sus medidas: 2,9 cm de altura, 2,2 cm de ancho y 4,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

---

<sup>218</sup> TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998 (Op. Cit), p. 96.



**Figura 187. Cinco piezas de microscopio [MFH 1335].**

Microscopio simple Gould [MFH 1355] (figura 188). Foto número: 291. Este aparato, ideado por R. Bancks, en Inglaterra, fue fabricado por *Nachet et Fils*, con domicilio en Rue Serpente, número 16, de la ciudad de París, Francia, en el siglo XIX. Son sus medidas: 24,5 cm de altura, 7,9 cm de ancho y 9,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación es muy bueno y sólo el espejo se encuentra levemente oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El microscopio fue donado al Museo por el Sr. Gandullo.





**Figura 188. Microscopio simple Gould [MFH 1355].**

Microscopio óptico compuesto monocular [MFH 3529] (figura 189). Foto número: 132. Este aparato fue fabricado por la casa *Carl Zeiss*, en la ciudad de Jena, Alemania. El cuerpo del microscopio exhibe el número de serie 60491, mientras que la placa muestra el número 7694. Posee cuatro objetivos de la misma marca y fue distribuido por la Casa *Dr. Torrecilla, farmacia y droguería, Villanueva y Cantera*, sita en la calle Barquillo, número 37, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 36,7 cm de altura, 15,5 cm de ancho y 15,7 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



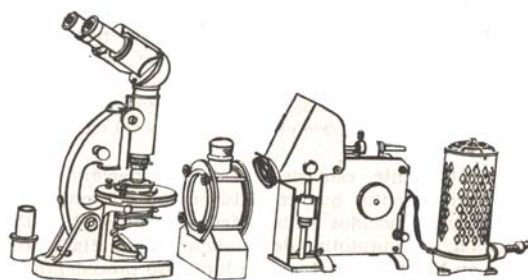
**Figura 189. Microscopio óptico compuesto monocular [MFH 3529].**

Objetivo de proyección [MFH 3796] (figura 190). Foto número: 372. Este aparato, modelo *Projections Obketiv*, de 200 mm, fue fabricado por la casa *Ernst Leitz* (actualmente *Leica*), en la ciudad de Wetzlar, Alemania. Son sus medidas: 7,5 cm de altura, 6,3 cm de ancho y 6,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, vidrio, posee caja de cartón duro. Su estado de conservación es perfecto y sólo requiere limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 190. Objetivo de proyección [MFH 3796].**

Fuente de un ultramicroscopio cardiode [MFH 3815] (figura 192). Foto número: 093. Indica 13,5 ohmios, 6 A. Exhibe el número de serie 19-540. Son sus medidas: 26,5 cm de altura, 13 cm de ancho y 13 cm de fondo. Los materiales con los que se halla construido son: carcasa metálica y bobina cerámica. Respecto a su estado de conservación, ha recibido golpes, por lo que ha quedado ladeado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 191. Ultramicroscopio cardiode.**



**Figura 192. Fuente de un ultramicroscopio cardiode [MFH 3815].**

Microscopio simple para disección [MFH 4176] (figura 193). Foto número: 317. Este aparato fue fabricado por la casa *C. Reichert*, en la ciudad de Viena, Austria, en el año 1930. Exhibe el número de serie 24934. Son sus medidas: 19,0 cm de altura, 13,0 cm de

fondo. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 193. Microscopio simple para disección [MFH 4176].**

Microscopio óptico compuesto monocular [MFH sn] (figura 194). Foto número: 277. Este aparato fue fabricado por la casa *Meopta*, en la ciudad de Praga, Checoslovaquia. Exhibe el número de serie 217997. Son sus medidas: 42,0 cm de altura, 23,0 cm de ancho y 24,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, siendo sus partes ópticas de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno; hay que comentar que este microscopio es del tipo compuesto, con cuatro objetivos, pero sólo tiene uno de 10\_0,30, cuyo número de serie es 473365. En el momento de la foto, se encon-

traba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 194. Microscopio óptico compuesto monocular [MFH sn].**

Microscopio óptico monocular [MFH sn] (figura 195). Foto número: 279. Este aparato fue fabricado por la casa *Carl Zeiss*, en la ciudad de Jena, Alemania. Exhibe el número de serie 29378. Son sus medidas: 26,2 cm de altura, 7,7 cm de ancho y 12,1 cm de fondo. Su estado de conservación es muy bueno. Aunque le falta el ocular, posee ubicación para dos objetivos, de los cuales tiene solamente uno puesto. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 195. Microscopio óptico monocular [MFH sn].**

Tubo de microscopio óptico simple monocular [MFH sn] (figura 196). Foto número: 293. Este aparato, modelo *Periskopisch III*, fue fabricado por la casa *Periskopisch*. Son sus medidas: 19,7 cm de altura, 5,9 cm de ancho y 3,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. En cuanto a su estado de conservación, falta su extremo inferior. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 196. Tubo de microscopio óptico simple monocular [MFH sn].**

Micrómetro con estuche [MFH 3786] (figura 197). Foto número: 379. Este aparato fue fabricado por la casa *C. Reichert*, en la ciudad de Viena, Austria. Son sus medidas: 11,1 cm de altura, 14,5 cm de ancho y 2,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos (acero blanco y acero cromado). Su estado de conservación es excelente. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.





**Figura 197. Micrómetro con estuche [MFH 3786].**

Existen en la colección dos interesantísimos microtomos, un microtomo de congelación [MFH 2998] y el catalogado con el número [MFH 4146]. Se puede decir que Purkinje<sup>219</sup> (figura 198) fue el primero en utilizar un microtomo, con el fin de rebanar finas sec-

---

<sup>219</sup> Jan Evangelista Purkinje nació en Libochovice, Bohemia (Chequia) el 17 de diciembre de 1787. Se graduó en Medicina en la Universidad de Praga en 1819. Tras realizar su tesis doctoral sobre los mecanismos de la visión humana, fue nombrado Profesor de Fisiología de la misma Universidad de Praga, donde descubrió el fenómeno hoy llamado “efecto Pukinje”, por el cual, cuando la intensidad luminosa disminuye, los objetos de color rojo se perciben más rápidamente que los azules. Purkinje publicó su disertación doctoral en el primer volumen de “Observaciones y Experimentos, Investigando la Fisiología de los sentidos” (*Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne*). A este primer volumen siguió un segundo en 1825, titulado “Nuevos avances sobre la visión” (*Neue Beiträge zur Kenntnis des Sehens in subjectiver Hinsicht*); ambos volúmenes contribuyeron a la eclosión de la psicología experimental. Purkinje creó el primer departamento mundial de fisiología en la Universidad de Breslau (Prusia) en 1839 y, subsiguiente a ello, el primer laboratorio oficial de fisiología, llamado el Instituto Fisiológico, en 1842. El método experimental que Purkinje empleaba para ex-

ciones tisulares. Asimismo, Purkinje fue pionero en la utilización del ácido acético glacial, del dicromato potásico y del bálsamo de Canadá como medios para la preparación de muestras tisulares en el examen microscópico. Purkinje describió los efectos del alcanfor, del opio, de la belladona y de los terpenos sobre el organismo humano en 1829. Sin embargo, en 1839 Chevalier fue el primero que introdujo el término “microtomo” dentro de la terminología científica<sup>220</sup>. Los instrumentos de Cummings en 1770 y de Bäker en 1840 fueron instrumentos de disección manual contruidos en madera, que se utilizaron principalmente en Botánica para seccionar plantas<sup>221</sup>. La introducción de la microtomía en las ciencias sanitarias no fue fácil, supeditada a los conocimientos sobre fijación<sup>222</sup>. Además, los reputados científicos de Munich y de Basilea estaban convencidos de que el microtomo “no era científico” y que otros accesorios más simples resultaban más adecuados que “aquellos complicados instrumentos”. A pesar de ello, la introducción del microtomo en continuó ininterrumpidamente. En 1872, Rudolf Jung (1845-1900) (figura 199) y su cuñado Heinrich Löw, vieron la importancia potencial de la microtomía. Rudolf Jung era un ingeniero de precisión que, junto con el patólogo de la Universidad de Heidelberg, Rudolf Thoma, desarrolló el primer microtomo comercial (figura 200), hecho que marcó una nueva era en la histología: por primera vez era posible cortar muestras de tejidos muy delgadas de forma muy reproducible para su análisis al microscopio, con una extraordinaria precisión para

---

plorar los parámetros sensoriales se basaba en observar las consecuencias psicológicas tras realizar estímulos concretos, como presión o corriente eléctrica sobre el globo ocular, alterar la zona de exposición en la fóvea, etc. Su más famoso descubrimiento fue el de las células Purkinje, en 1837, grandes células nerviosas muy ramificadas en la corteza cerebral. Asimismo, es conocido por haber descubierto en 1839 las “fibras Purkinje”, tejido fibroso que conduce los estímulos por las paredes de los ventrículos del corazón. Purkinje, finalmente, introdujo los términos científicos “plasma” y “protoplasma”. Purkinje fue el primero en utilizar sistemáticamente el microtomo para rebanar en capas delgadas los tejidos objeto de estudio al microscopio, el ácido acético glacial, el dicromato potásico y el bálsamo del Canadá en la preparación de muestras tisulares para su examen al microscopio. Purkinje describió los efectos del alcanfor, del opio, de la belladona y de los terpenos sobre el organismo humano, en 1829. Purkinje descubrió las glándulas sudoríparas de la piel en 1833, las vesículas germinales en 1825, reconoció las huellas dactilares como prueba indiscutible de identificación en 1823 y refirió la función de digerir las proteínas de los extractos pancreáticos en 1836. Johannes Evangelista Purkinje fue un pionero en la fisiología experimental, cuyas investigaciones en histología, embriología y farmacología ayudaron a la comprensión actual del ojo y la visión, de las funciones cerebral y cardíaca, de la reproducción y la misma composición de las células. Purkinje murió a la edad de 82 años, el 28 de Julio de 1869.

<sup>220</sup> DRAGECIRDLE, BRIAN: *A history of microtechnique: the evolution of the microtome and the development of tissue preparation*, 2nd ed. Lincolnwoods: Science Heritage.

<sup>221</sup> LEE, ARTHUR BOLLES: *The microtome's vademecum*. Lincolnwood: Science Heritage, 1987.

<sup>222</sup> DUVAL, MATHIAS: *Early Science at Harvard: Précis de technique microscopique et histologique*. Paris: Librairie J. B. Baillière et Fils, 1878.

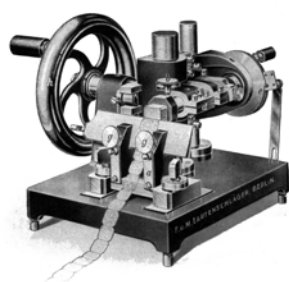
aquel entonces. Jung y su cuñado Löw fundaron una compañía llamada Jung, con la cual participaron en 1893 en la Exhibición Mundial de Chicago. Ya en 1909, la empresa cambió de localización, trasladándose a Heidelberg, Hebelstraße (figura 201)



**Figura 198. Jan Evangelista Purkyne, Purkinje (1787-1869).**



**Figura 199. Rudolf Jung (1845-1900).**

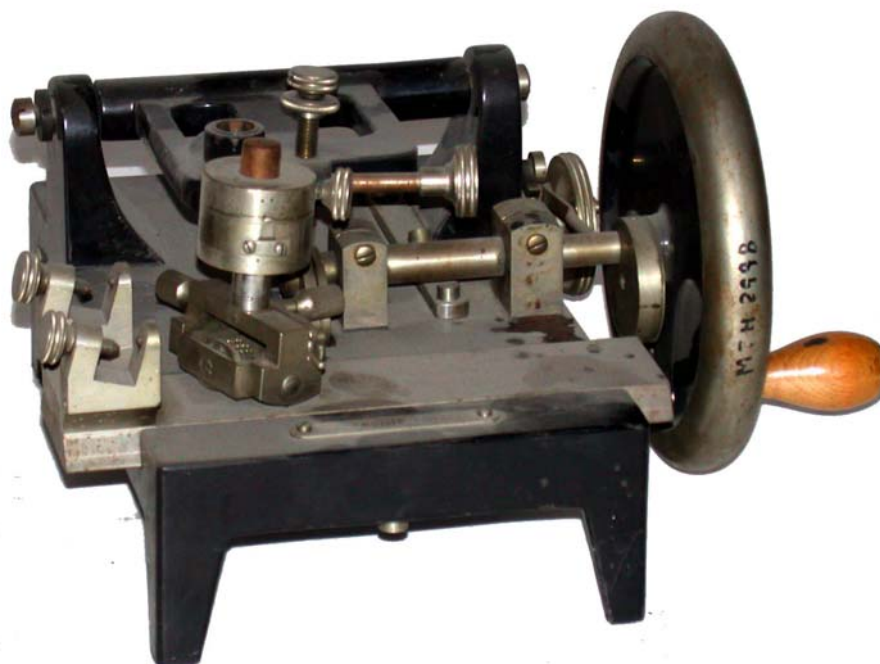


**Figura 200. Uno de los primeros microtomos, diseño de 1892.**



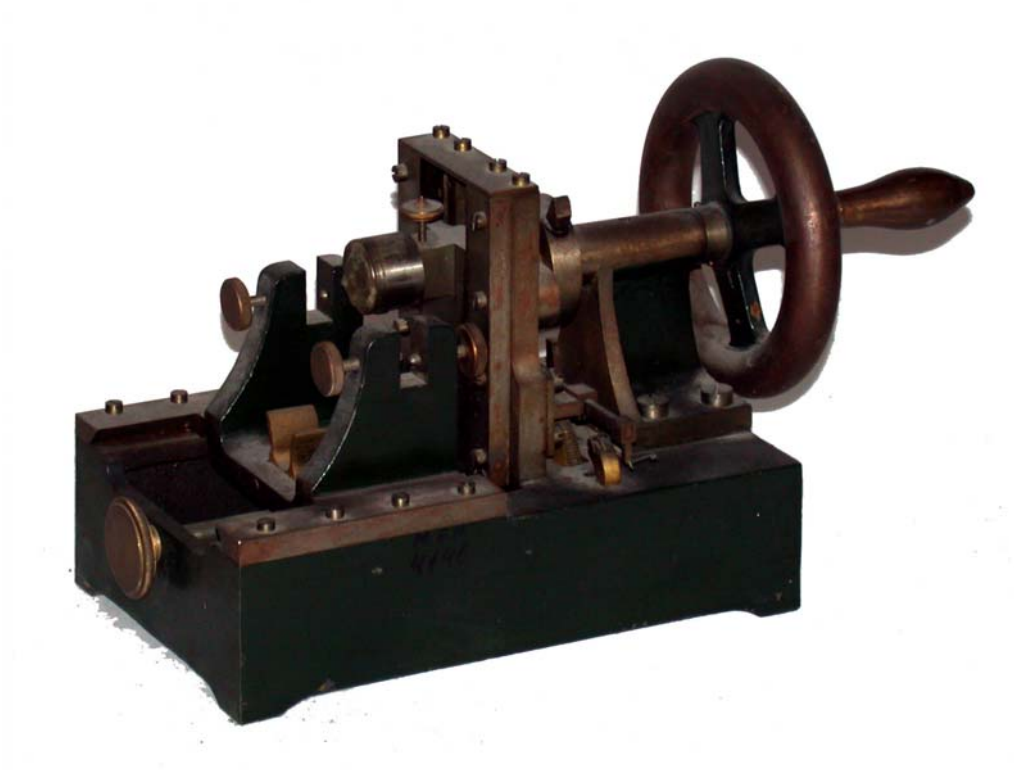
**Figura 201. Edificio de la compañía Jung en Heidelberg, Hebelstraße.**

Microtomo de congelación [MFH 2998] (figura 202). Foto número: 029. Este aparato fue fabricado por la casa *C. Reichert*, en la ciudad de Viena, Austria. Exhibe el número de serie 310 y fue distribuido por la Casa *Dr. Torrecilla, farmacia y droguería, Villanueva y Cantera*, en la calle Barquillo, número 37, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 15,8 cm de altura, 24,2 cm de ancho y 29,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con el accionador manual de madera. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. Este instrumento procede de la misma Facultad de Farmacia, ignorándose de qué departamento o cátedra.



**Figura 202. Microtomo de congelación [MFH 2998].**

Microtomo [MFH 4146] (figura 203). Foto número: 036. Este aparato fue fabricado por la casa *Laboratorio de Automática*, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 17,0 cm de altura, 21,0 cm de ancho y 13,2 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.



**Figura 203. Microtomo [MFH 4146].**

Objetivo de proyección de 400 mm [MFH 2999] (figura 204). Foto número: 033. Este aparato, modelo *Projektions Objektiv*, fue fabricado por la casa *Ernst Leitz* (actualmente *Leica*), en la ciudad de Wetlar, Alemania. Son sus medidas: 23,3 cm de altura, 14,5 cm de ancho y 14,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación es bueno y sólo necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. Este instrumento procede de la propia Facultad de Farmacia.



**Figura 204. Objetivo de proyección de 400 mm [MFH 2999].**

Catetómetro o microteodolito [MFH sn] para visualizar las gotas de mercurio procedentes de un polarógrafo (figura 205). Foto número: 157. Posee escalas de medida, vertical, de 0 a 80 y fue distribuido por la casa *M. Álvarez, material científico*, casa de distribución sita en la calle Mayor, número 76 de Madrid, España. Son sus medidas: 63,7 cm de altura, 30,8 cm de ancho y 30,8 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, con el visor de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno y se encuentra muy poco oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales, en el despacho del Prof. Dr. Benito del Castillo.

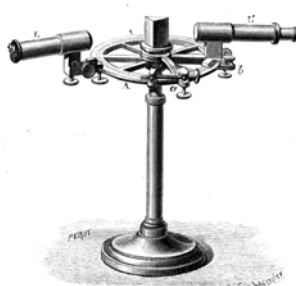


**Figura 205. Catetómetro o microteodolito [MFH sn].**

Goniómetro [MFH 2990] (figura 207). Foto número: 066. Este aparato, cuyo fin era utilizarse como un espectrómetro, para medir ángulos de desviación mínima, fue fabricado por la casa *A. P.*, en la ciudad de París, Francia. Exhibe el número de serie 1510-5. Son sus medidas: 30,0 cm de altura, 26,0 cm de ancho y 26,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, prisma trigonal de vidrio en su parte media. Su estado de conservación es muy bueno aunque no gira e impide ver la marca. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El análisis de la forma de una gota dispuesta sobre un cuerpo sólido es la base de la goniometría. Un goniómetro se compone de una fuente de radiación (antiguamente, luz solar), un soporte para las muestras, lentes y captura de imágenes; antiguamente, por observación directa en



un ocular<sup>223</sup>. El ángulo de contacto se determina directamente midiendo el ángulo formado entre el sólido y la tangente a la superficie de la gota. Un goniómetro es un instrumento óptico cuya función más empleada es la de medir ángulos en formas cristalinas. La acepción procede del griego *gonios*, ángulo y *metros*, medir. Es decir, el goniómetro es un instrumento ideado y utilizado para medir ángulos, especialmente los de los cristales, lo cual permite hallar la inclinación de sus planos. Un goniómetro de contacto posee dos brazos móviles, entre los cuales se emplaza el cristal a medir. Los dos brazos giran sobre un punto fijo, que es el centro del círculo graduado o semicírculo donde el ángulo se determina. Existen también goniómetros de reflexión<sup>224, 225</sup>, que miden los ángulos de los cristales determinando qué espacio angular del cristal es preciso para que dos rayos reflejados sobre las dos superficies (que forman el ángulo en el cristal), salgan en la misma dirección.



**Figura 206. Goniómetro de Babinet.**

<sup>223</sup> GUILLEMIN AMADÉE VICTOR: *El mundo físico*. Barcelona: Montoner y Simón, 1882 (Op. Cit). p. 209.

<sup>224</sup> El goniómetro de reflexión recibe indistintamente el nombre de goniómetro de Wollaston, su inventor.

<sup>225</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores: *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 33, 44.



**Figura 207. Goniómetro [MFH 2990].**

Goniómetro de contacto [MFH sn] (figura 208). Foto número: 123. Este aparato fue fabricado por la casa *D.G. Hofmann*, en la ciudad de París, Francia. Son sus medidas: 29,4 cm de altura, 24,9 cm de ancho y 10,7 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos y sus partes ópticas de cristal. Su estado de conservación es bastante bueno, muy poco oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 208. Goniómetro de contacto [MFH sn].**

## 10. MÉTODOS REFRACTOMÉTRICOS

La refractometría es un método instrumental de análisis químico basado en el cambio que experimenta la dirección de una radiación incidente al atravesar un material. Aunque el índice de refracción de una sustancia se define como el cociente entre la velocidad de la radiación electromagnética en el vacío y la velocidad en dicha sustancia, se determina por el cambio de dirección de la radiación que se origina cuando ésta mitiga su velocidad al cambiar de medio (refracción)<sup>226</sup>. Las medidas de índice de refracción sirven para identificar sustancias puras, al ser el índice de refracción una constante física específica de cada sustancia. Asimismo es una propiedad aditiva, lo que permite analizar mezclas sencillas de componentes conocidos. Los instrumentos utilizados para determinar el índice de refracción son los refractómetros (figura 209), de los que hay tres tipos: los refractómetros propiamente dichos, que realizan medidas de ángulo crítico; los espectrómetros de prisma, equipos que realizan medidas de desplazamiento de imagen, y los interferómetros, que realizan medidas de interferencia<sup>227</sup>. Los cuatro modelos de refractómetros más usados son el refractómetro de Abbe, el de Abbe de precisión, el de Pulfrich y el de inmersión. Entre los espectrómetros de prisma, se utilizan el refractómetro diferencial y el refractómetro de Fisher. Y entre los interferómetros, el más empleado es el refractómetro de interferencia.



C. Zeiss. Jena.

**Figura 209. Refractómetro de mano Zeiss.**

<sup>226</sup> GUILLEMIN AMADÉE VICTOR: *El mundo físico*. Barcelona: Montoner y Simón, 1882 (Op. Cit). p. 59.

<sup>227</sup> La ciencia de la luz. Barcelona: Prensa Científica, D. L., 1995, p. 100.

En definitiva, los refractómetros son instrumentos que emplean las propiedades ondulatorias de la luz para estudiar las propiedades de muestras atravesadas por rayos luminosos. En este sentido, presentan características comunes a otros instrumentos de la colección, tales como colorímetros, espectrómetros o polarímetros que también emplean propiedades de la luz para el conocimiento de las características de las sustancias<sup>228</sup>. Como su nombre indica, los refractómetros (figura 210) basan su funcionamiento en el estudio de la refracción de la luz, un fenómeno bastante fácilmente observable cuando la luz pasa de un medio a otro. Por ejemplo, cuando la luz pasa del aire al agua, sufre una desviación que viene determinada por la relación entre los índices de refracción de los dos medios. Debido a ello, cuando se sumerge una vara rectilínea en el agua, se observa desde el exterior como si estuviera doblada en el punto de contacto entre el aire y el agua. El estudio de la refracción puede ser interesante en muchos aspectos, desde el análisis de las propiedades de la luz hasta el estudio de los medios que atraviesa, por lo que presenta gran interés en campos relativamente alejados de la química, como los es la mineralogía. Ha sido aplicado en el análisis de productos como aceites, grasas, chocolates, mantecas, esencias y otras sustancias de interés industrial, ofreciendo, en ocasiones, datos fiables sobre la composición cuantitativa de mezclas de dos cuerpos.



**Figura 210. Antiguo refractómetro.**

La palabra “refractómetro” se popularizó en el último tercio del siglo XIX (figura 213) gracias a los trabajos de varios autores<sup>229</sup>, entre los que destaca el alemán Ernst Ab-

---

<sup>228</sup> BEUDANT, F. S.: *Tratado elemental de Física*. Imprenta de D. Miguel de Burgos, 1830.

<sup>229</sup> TEYLER MUSEUM (HAARLEM): *Physical cabinet. The practice of science in the nineteenth century*. Haarlem: Teyler Museum, 1996 (Op. Cit.).

be<sup>230</sup> (1840-1905), colaborador del fabricante de instrumentos Carl Zeiss<sup>231, 232</sup>. Un refractómetro Abbe consta básicamente de un espejo que dirige la luz a una montura metálica central móvil con dos prismas<sup>233</sup>. La luz es observada mediante un objetivo que se encuentra junto a una escala graduada que permite establecer su posición relativa respecto a los prismas. El tubo de goma permite circulación de agua para mantener constante la temperatura de la montura central, dado que la temperatura influye notablemente sobre los valores de los índices de refracción de los líquidos. La pieza central se puede abrir gracias a una bisagra que permite separar los dos prismas y colocar entre ellos la sustancia que se pretende analizar (figura 211).

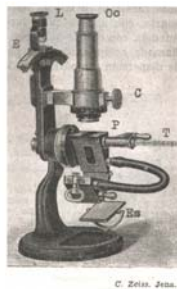
---

<sup>230</sup> Ernst Abbe (figura 216) era catedrático de Física de la Universidad de Jena y director de su observatorio astronómico. Fue el primero en crear una teoría completa sobre la formación de las imágenes en los microscopios y construyó, basándose en sus investigaciones y en colaboración con Zeiss, un nuevo tipo de microscopios de mayor calidad dotados de lentes apocromáticas, es decir, sin aberración cromática. Entre sus inventos se cuentan los prismáticos y el refractómetro que lleva su nombre. Ernst Abbe entró a trabajar, en el año 1867, como asesor científico en los talleres ópticos de mecánica de la universidad de Jena, Carl Zeiss. En 1875 se convirtió en socio de Zeiss y más tarde, a partir de 1889, adquirió el control completo de la empresa a la que hizo ganar fama mundial. Simultáneamente, Abbe había logrado obtener una cátedra de física (a partir de 1870) en la Universidad de Jena y dirigió, a partir de 1878, el observatorio astronómico de dicha ciudad. Fue el primero en crear una teoría completa de la formación de imágenes en los microscopios y construyó, basándose en sus investigaciones y en colaboración con Zeiss (1873), un nuevo tipo de microscopio más potente. Los nuevos instrumentos ópticos inventados por Ernst Abbe tuvieron un papel muy importante en el progreso de la microscopia, sobre todo en cuanto a la mejora de los sistemas de medición. Entre ellos destacan el fotómetro (para la determinación de distancias focales), el comparador óptico (instrumento microscópico para la determinación fina de longitudes) y el refractómetro (utilizado para la determinación de la difracción y dispersión en líquidos y sólidos) (figuras 214 y 216). Sus sistemas apocromáticos -es decir: sistemas ópticos caracterizados por su gran nitidez y la ausencia de aberraciones cromáticas- y los prismáticos inventados por él, supusieron también un gran avance en el campo de la óptica.

<sup>231</sup> Carl Zeiss fue mecánico de precisión de la universidad de Jena. Fundó a la edad de 30 años un taller, en el que durante veinte años fabricó microscopios y pulió lentes para la universidad. En 1867 Ernst Abbe se convirtió en su socio y asesor científico de su empresa. Años más tarde se convirtió en la mayor empresa del mundo dedicada a la fabricación de instrumentos ópticos. En la actualidad la fundación Zeiss es una multinacional dedicada a la fabricación de instrumentos ópticos y de precisión

<sup>232</sup> CARL ZEISS, STIFTUNG JENA: *A spectacle of spectacles: exhibition catalogue*. Leipzig: Edition Leipzig, 1988 (Op. Cit.).

<sup>233</sup> CARL ZEISS, JENA: *Instrumentos ópticos de medición, catálogo resumen*. Jena, Madrid: Carl Zeiss, 1939 (Op. Cit.).



**Figura 211. Uno de los primeros diseños del refractómetro de Abbe.**

Existen comercialmente dos tipos de instrumentos para medir el índice de refracción: los refractómetros, que se basan en la medida del ángulo crítico o en la determinación del desplazamiento de una imagen y los interferómetros, que utilizan al fenómeno de la interferencia para obtener índices de refracción diferenciales con precisión muy alta. Dentro de los refractómetros, tenemos en primer lugar los refractómetros de ángulo crítico, que son los instrumentos mas usados para la medida del índice de refracción. El ángulo crítico se define como el ángulo de refracción en un medio cuando el ángulo de la radiación incidente es de 90 grados (ángulo rasante) y el rayo crítico se refracta, formando con la normal el ángulo crítico, que limita la caligine del campo oscuro del campo iluminado, fenómeno que se utiliza en los refractómetros para medir el índice de la refracción de las sustancias. Entre los refractómetros más conocidos están el refractómetro de Abbe<sup>234</sup>, el refractómetro de Pulfrich<sup>235</sup> y el refractómetro de inmersión<sup>236</sup> (figura 225), que utilizan el ángulo critico para medir el índice de refracción.

<sup>234</sup> El refractómetro de Abbe (figura 214) es el mas conocido porque presenta ventajas que otros refractómetros no poseen: Utiliza luz policromática, cuya fuente puede ser la luz natural o de la luz proveniente de una lámpara de tungsteno, para controlar la temperatura de medición, los dispositivos en los prismas son huecos, con entrada y salida, par que fluya agua proveniente de un recipiente con termostato y bomba de circulación. Otra ventaja es su manejo sencillo y la rápida determinación del índice de refracción, aunque existen refractómetros más exactos.

<sup>235</sup> El refractómetro de Pulfrich (figura 212) utiliza una lámpara de luz monocromática para obtener la línea D de sodio. La cantidad de muestra que utiliza es de 3 a 5 ml, colocada en una celda, que se sitúa arriba del prisma de refracción. La escala, graduada en gramos mide los ángulos de rotación con ayuda un vernier, para aproximar a minutos. También requiere de tablas para encontrar el índice de refracción. Es de manejo un poco más complicado que el refractómetro de Abbe, pero su exactitud es mayor, porque pueden obtenerse lecturas hasta de 0,00001 para índices de refracción de 1,33 a 1,60.



**Figura 212. Refractómetro de Pulfrich.**

Al igual que la densidad, el punto de fusión, y el de ebullición el índice de refracción es una de las constantes físicas clásicas una especie química. Aunque no constituye una propiedad específica, pocas sustancias presentan índices de refracción iguales a una temperatura y longitud de onda dada, por lo que esta constante resulta útil para confirmar la identidad del compuesto y valorar su pureza. Además, las determinaciones del índice de refracción son útiles para el análisis cuantitativo de mezclas binarias. Finalmente, la medida de índice de refracción combinada con otros procedimientos aporta información acerca de la estructura y el peso molecular de una sustancia.



**Figura 213. Antiguo diseño de refractómetro.**

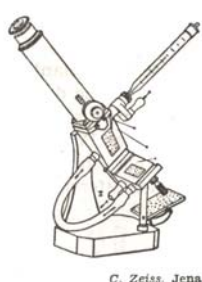
En todas las técnicas refractométricas es necesario realizar calibraciones periódicas del instrumento. Como patrones para este fin se utilizan líquidos puros como agua

---

<sup>236</sup> El refractómetro de inmersión viene provisto de prismas intercambiables, para sumergirlos en la muestra a determinar. Emplea, al igual que el refractómetro de Abbe, luz policromática, pues posee también prismas compensadores de Amici para poder visualizar la línea D del sodio.



( $n_D^{20}=1,3330$ ), tolueno ( $n_D^{20}=1,4969$ ) y metilciclohexano ( $n_D^{20}=1,4231$ )<sup>237</sup>. Puede emplearse también como referencia una pieza de vidrio de prueba, proporcionada con muchos refractómetros. La diferencia entre el índice de refracción del patrón y la lectura de la escala del instrumento se aplica como una corrección aritmética en las determinaciones posteriores. Alternativamente, con el refractómetro de Abbe puede ajustarse mecánicamente el objetivo del telescopio de modo que el instrumento indique el índice de refracción apropiado para el patrón.



**Figura 214. Grabado con un refractómetro Zeiss.**

Refractómetro de Abbe [MFH sn] (figura 217). Foto número: 222. Este aparato fue fabricado por la casa *Meopata*, en Checoslovaquia. Exhibe el número de serie 106918. Son sus medidas: 26,6 cm de altura, 15,3 cm de ancho y 15,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal y vidrio (oculares, espejo iluminador y prisma de Abbe). Su estado de conservación es muy bueno y podemos afirmar que sí funciona. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. Como se ha anticipado, el funcionamiento del refractómetro de Abbe se basa en el estudio del ángulo límite donde se produce la reflexión total del rayo que atraviesa los prismas y la muestra entre ellos. Como este valor depende de los índices de refracción de las sustancias atravesadas y, dado que el valor correspondiente a los pris-

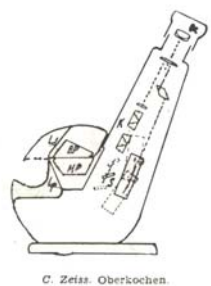
---

<sup>237</sup> Estos dos últimos compuestos obtenerse del *National Bureau of standard* como muestras certificadas con índices de cinco decimales a 20, 25 y 30°C y para cada una de siete longitudes de onda.

mas es conocido, resulta posible conocer el índice de refracción de la muestra. Sólo resulta necesario colocar el objetivo en la posición correspondiente al ángulo límite y leer el ángulo en la escala situada junto a él. Para facilitar esta lectura, algunos fabricantes colocaban en esta escala los valores del índice de refracción, calculados mediante las fórmulas correspondientes. De este modo, se puede leer directamente el valor del índice de refracción que en los primeros refractómetros estaba referido al valor correspondiente a la línea espectral D del sodio, por lo que se designaba con las letras “ $n_D$ ”, abarcando un intervalo de 1,3 a 1,7, como era habitual en los refractómetros fabricados por la casa Zeiss. Ernst Abbe<sup>238</sup> construyó su primer refractómetro en 1869, instrumento que de ahí en adelante llevaría su propio nombre. Cinco años después, en 1874, publicó un libro donde analizaba los principios teóricos de la técnica y describía los refractómetros que utilizaban prismas o bien utilizaban reflexión total, donde se hallaba (por primera vez) el refractómetro de Abbe, cuyo diseño inicial incluía primas de Amici y ya poseía las características esenciales de cualquier moderno refractómetro de Abbe, aunque sin las camisas de termostatación.

---

<sup>238</sup> Ernst Abbe nació el 23 de enero de 1840 en Eisenach, en el Gran Ducado de Weimar-Eisenach (actualmente Alemania) y murió el 14 de enero de 1905 en Jena, Alemania, a la edad de casi 65 años. El padre de Ernst Abbe trabajó como tejedor; le resultó extremadamente difícil sustentar a su familia. Trabajaba dieciséis horas diarias sin interrupción, incluso para la comida. Ernst, sin embargo, quiso que sus hijos estudiaran y los ayudó en sus estudios. Ernst Abbe estudió en la Universidad de Jena y en la Universidad de Göttingen, logrando su doctorado en la de Göttingen en 1861, sobre termodinámica. En 1863 entró al equipo docente de la Universidad de Jena. Abbe fue nombrado profesor de física y matemáticas en Jena en 1870 y en 1878 fue nombrado director del observatorio astronómico de Jena, así como del observatorio meteorológico de la misma localidad. Sin embargo, Abbe había sido contactado por Carl Zeiss en 1866, para intentar solucionar algunos problemas ópticos. Más adelante, Abbe se dedicaría casi exclusivamente a la Óptica y a la Astronomía, por lo que, junto a su puesto universitario, Abbe fue director de investigación de la casa Zeiss en 1866. Dos años después, en 1868, Abbe inventó el sistema de lentes “apocromático” para los microscopios, importante avance que eliminaba en el elemento primario y secundario la distorsión del color de los microscopios. Otros avances ópticos de Abbe incluyeron la comprensión clara de los límites de la magnificación, condición que rige la formación de imágenes diáfanos, sin aberración esférica ni otros defectos. Abbe realizó otras mejoras sobre los diseños de los microscopios, como, en 1870, el empleo de un condensador para lograr mejor iluminación. Por todos esos avances, Carl Zeiss hizo a Abbe socio del negocio en 1876, para después presidir la Fundación Carl Zeiss, con fines sociales y de investigación, en 1891. Abbe introdujo cambios empresariales en la compañía Zeiss en 1896, actualmente considerados “normales”, pero que representaron un verdadero avance para su tiempo, como, por ejemplo, la jornada de ocho horas, las vacaciones pagadas, así como en caso de enfermedad y las pensiones.



**Figura 215. Grabado con el refractómetro original de Abbe.**

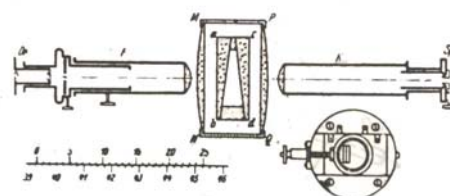


**Figura 216. Ernst Abbe (1840-1905).**



**Figura 217. Refractómetro de Abbe [MFH sn].**

Refractómetro universal de M. R. Féry [MFH 2987] (figura 219). Foto número: 055. Este aparato fue fabricado por la casa *Ph Pellin*, en la ciudad de París, Francia. Exhibe el número de serie 110. Son sus medidas: 40,0 cm de altura, 66,0 cm de ancho y 26,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son todos metálicos, menos los elementos ópticos, que son de cristal. Su estado de conservación es muy bueno, con algunas partes ligeramente oxidadas. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 218. Esquema del funcionamiento del refractómetro universal Féry.**



**Figura 219. Refractómetro universal de M. R. Féry [MFH 2987].**

Refractómetro de Féry, conocido como Oleorefractómetro de Féry y como Refractómetro de Duboscq y Pellin [MFH 4092] (figura 221). Foto número: 056. Este aparato fue fabricado por la casa *Carl Zeiss*, Alemania. Exhibe el número de serie 34866. Son sus medidas: 47,0 cm de altura, 80,5 cm de ancho y 31,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, visores de vidrio y espejo. Su estado de conservación es muy bueno y todos sus engranajes y partes móviles giran. Presenta un golpe en la camisa superior. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 220. Diseño original del Refractómetro de Féry.**



**Figura 221. Refractómetro de Féry o Refractómetro de Duboscq y Pellin [MFH 4092].**

Refractómetro de inmersión [MFH 4689] (figura 223). Foto número: 089. Este aparato fue fabricado por la casa *Carl Zeiss*, en la ciudad de Jena, Alemania. Exhibe el número de serie 31057. Son sus medidas: 32,0 cm de altura, 14,0 cm de ancho y 14,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: caja de madera, metal, óptica de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno y en la dotación del equipo hay un termómetro pequeño y otro mayor. Tiene patrones, uno líquido de monobromonaftaleno, de  $n = 1,658$ . En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El refractómetro de inmersión viene provisto de prismas intercambiables que se sumergen dentro de la muestra que se va a medir. Utiliza luz policromática porque, como el refractómetro de Abbe, posee prismas compensadores de Amici para trabajar con la emi-

sión de la línea D del sodio. Por otra parte, el refractómetro de inmersión utiliza de 10 a 15 ml de muestra; las lecturas se obtienen dentro en su escala de 0 a 100 y el índice de refracción se determina utilizando las escalas de cada uno de los prismas utilizados.



**Figura 222. Refractómetro de inmersión dentro de su baño.**



**Figura 223. Refractómetro de inmersión [MFH 4689].**

Baño para refractómetro de inmersión Zeiss [MFH 3947] (figura 224). Foto número: 019. Son sus medidas: 24,7 cm de altura, 26,5 cm de ancho y 26,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con su ventana y espejo de cristal y los tubos de la gradilla, de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno y la gradilla gira correctamente, aunque requiere limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.

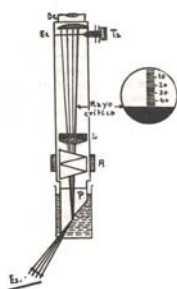


**Figura 224. Baño para refractómetro de inmersión Zeiss [MFH 3947].**

Refractómetro de inmersión [MFH sn] (figura 226). Foto número: 271. Posee dos micrómetros para el ajuste de las medidas, uno basto y otro fino, ambos de la marca *P. Schmidt* Jena, de 25 a 14°C. Este aparato fue fabricado por la casa *Carl Zeiss*, en la ciudad de Jena, Alemania. Exhibe el número de serie 25252. Son sus medidas: 13,8 cm de altura,



7,1 cm de ancho y 7,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos y las partes ópticas de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno, y presenta cinco lentes, una de las cuales se halla puesta en el aparato; se puede decir que su estado es impecable. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid. Fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4014648.



**Figura 225. Refractómetro de inmersión, esquema.**



**Figura 226. Refractómetro de inmersión [MFH sn].**

Refractómetro de inmersión [MFH sn] (figura 227). Foto número: 214. Este aparato fue fabricado por la casa *OPL*, en Francia. Presenta una escala de manejo de 40 - 80%. Exhibe el número de serie 1739. Son sus medidas: 20,3 cm de altura, 3,0 cm de ancho y 3,0 cm de fondo, medidas referidas sólo al tubo del refractómetro, con el prisma plegado. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, vidrio en visor y en el prisma. Su estado de conservación es excelente. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 227. Refractómetro de inmersión [MFH sn].**

Patrones de refractometría [MFH sn] (figura 228). Foto número: 201. Se trata de tres cristales, patrones de medida, de  $n_D$  1,5160,  $n_D$  1,5000 y  $n_D$  1,5161 respectivamente. Son sus medidas: 1,9 cm de altura, 0,9 cm de ancho y 0,3 cm de fondo. Construidos en

cuarzo, su estado de conservación es bueno y sólo necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 228. Patrones de refractometría [MFH sn].**

Baño para refractómetro de inmersión [MFH sn] (figura 229). Foto número: 213. Este aparato fue fabricado por la casa *Establecimientos Jodrá*, en la calle del Príncipe, 7, Madrid, España. Son sus medidas: 25,5 cm de altura, 18,0 cm de ancho y 18,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno, aunque se halla algo oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 229. Baño para refractómetro de inmersión [MFH sn].**

Prisma óptico para estudiar acromatismo<sup>239</sup> [MFH 1216] (figura 230). Foto número: 300. Son sus medidas: 41,5 cm de altura, 31,7 cm de ancho y 16,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: soporte y estativo de madera, prisma de vidrio. Su estado de conservación es bueno, aunque habría que intentar dedicar cierta atención a la conservación de la madera; además, el mecanismo tiene holgura. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

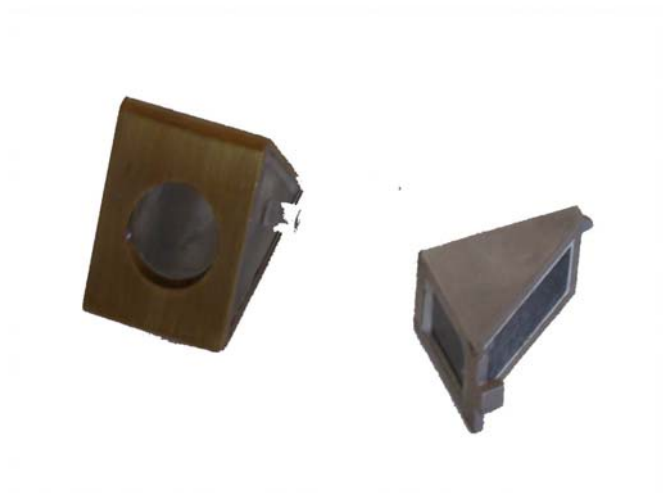
---

<sup>239</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.), p. 271.



**Figura 230. Prisma óptico para estudiar acromatismo [MFH 1216].**

Prismas para: (a) estudios de acromatismo; (b) de un aparato estudios de proyección de objetos horizontales [MFH sn] (figura 231). Foto número: 203. Respecto al prisma derecho, son sus medidas 3,2 cm de altura, 1,8 cm de ancho y 2,5 cm de fondo; construido con metal y vidrio, su estado de conservación es bueno y sólo necesita limpieza. Respecto al prisma izquierdo, cuyas medidas son 3,2 cm de altura, 2,9 cm de ancho y 2,9 cm de fondo, está construido en metal y vidrio, siendo su estado de conservación bueno y sólo necesita limpieza, aunque uno de sus lados se encuentra roto. En el momento de la foto, ambos se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 231. Prismas [MFH sn].**



## 11. MÉTODOS POLARIMÉTRICOS Y SACARIMÉTRICOS

El fenómeno de la polarización de la luz era conocido desde los trabajos de Christian Huygens (1629-1695)<sup>240</sup> pero fue estudiado a fondo por Jean Baptiste Biot<sup>241</sup> (1774-1862) (figura 232) a principios del siglo XIX<sup>242</sup>. Tras estudiar el fenómeno sobre un cristal

---

<sup>240</sup> Leiden, Museum Boerhaave. A question of time: Christian Huygens (1629-1695). Leiden: Museum Boerhaave, 1980 (Op. Cit.).

<sup>241</sup> Jean-Baptiste Biot nació el 21 de abril de 1774 en París y murió el 3 de febrero de 1862, también en París. Estudió en el colegio *Louis-le-Grand* de París y, tras graduarse, se alistó en el ejército en 1793. Posteriormente fue alumno de la Escuela Politécnica de París. Tomó parte en la fracasada insurrección de los monárquicos contra la Convención; Biot fue capturado por las fuerzas gubernamentales. Una vez en libertad, Biot estuvo como profesor de Física Matemática en la Escuela Central de Beauvais en 1797. Tres años después, le tenemos como profesor de Física Matemática en el Colegio de Francia, gracias a la intercesión de Laplace. En 1803, Biot fue elegido Miembro de Primera Clase del Instituto y en 1806, aprovechando la invasión napoleónica, Biot vino a España con Arago, para completar la primera medida del arco del meridiano terrestre. En 1809, Biot fue nombrado Profesor de Astronomía Física de la Facultad de Ciencias. Biot estudió diversos aspectos matemáticos, sobre todo aplicativos. Realizó importantes avances en astronomía, elasticidad, electricidad y magnetismo, calorimetría y óptica, además de matemáticas fundamentales y sobre geometría. Biot colaboró con Arago en trabajos sobre las propiedades de los gases. Junto a Savart, descubrió que la intensidad de un campo magnético cuando circula en su proximidad una corriente eléctrica, resulta inversamente proporcional a la distancia donde esta circula, por la ley que hoy conocemos como “ley de Biot-Savart”, fundamental para la teoría moderna del electromagnetismo. Por sus trabajos sobre polarización de la radiación al atravesar disoluciones, fue galardonado con la Medalla Rumford de la Real Sociedad. Otros de sus hechos importantes fueron su libro “Memoria sobre la figura de la tierra” (*Memoire sur la figure de la terre*) de 1827, donde Biot describió la forma de la Tierra. Intentó por dos veces acceder al puesto de Secretario de la Academia de Ciencias; para hacer acopio del mayor número de méritos posibles, escribió con tal fin “Ensayo sobre la Historia General de las Ciencias durante la Revolución” (*Essai sur l'Histoire Générale des Sciences pendant la Revolution*), pero el puesto lo ganó Fourier. (Consultar STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores: *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 218 y DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 186).

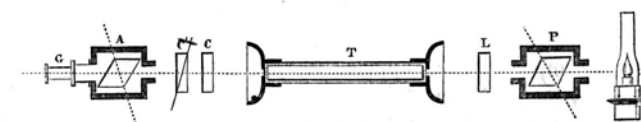
<sup>242</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores: *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 35-38. El fenómeno de la polarización de la luz aparece ya descrito en trabajos de Christian Huygens sólo fue estudiado a fondo en el siglo XIX, gracias a las investigaciones de autores como el francés Jean Baptiste Biot (1774-1862) o el alemán Thomas Johann Seebeck (1770-1831). Estos analizaron no sólo los ya conocidos efectos producidos por sólidos cristalinos como el espato de Islandia, sino también el comportamiento de disoluciones de ciertas sustancias de origen vegetal y animal. Para confirmar sus experiencias, Biot encargó al constructor de instrumentos Nicolas Fortin (1750-1831) un sencillo aparato que consistía en un prisma analizador y un tubo cilíndrico para introducir la muestra analizada, a través del que pasaba la luz polarizada. De este modo, Biot pudo comprobar que ciertas sustancias de origen natural, como “el aceite esencial del laurel”, hacían “girar la luz de derecha a izquierda, al igual que la trementina” mientras que, por el contrario, “el aceite esencial del limón y la disolución de alcanfor en



de cuarzo, Biot<sup>243</sup> encontró la existencia de sustancias que giraban el plano de polarización de la luz hacia la derecha (dextrógiras) y otras que lo hacían hacia la izquierda (levógiras)<sup>244</sup>. Los primeros polarímetros fueron diseñados en los años cuarenta del siglo pasado<sup>245</sup> (figura 233), gracias al uso de los prismas ideados en 1828 por William Nicol (1768-1851). El desarrollo comercial del polarímetro tuvo lugar en Alemania y Francia, debido a su valor en el análisis del azúcar, lo que llevó a desarrollar un tipo especial de polarímetros, especialmente adaptados para estos análisis, que se denominaron sacarímetros (figura 234).



**Figura 232. Jean Baptiste Biot (1774-1862)**



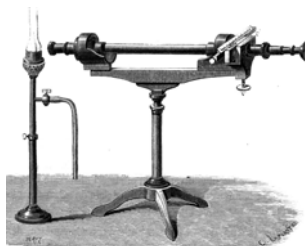
**Figura 233. Esquema del sacarímetro de Soleil.**

alcohol” lo hacían “de izquierda a derecha” (Biot, 1816). Más adelante, las primeras sustancias fueron denominadas “levógiras” y las segundas “dextrógiras”. También comprobó Biot que la desviación era mayor a medida que aumentaba el grosor de la capa de líquido atravesada y, más adelante, diseñó un polarímetro semejante al que aparece en la figura adjunta, con el que realizó numerosas investigaciones sobre un gran número de sustancias.

<sup>243</sup> Etienne Louis Malus, físico francés (1775-1812), aparte de otros importantes trabajos sobre óptica geométrica, estudió el fenómeno de la doble refracción y pudo observar por primera vez la polarización por reflexión, en 1808. Malus estableció en 1811 la ley que lleva su nombre, “ley de Malus”, la cual rige la variación de la intensidad luminosa por rotación del analizador cuando a éste le atraviesa la luz polarizada. Dominique François Arago (1786-1853) y el alemán Thomas Seebeck (1770-1831) habían observado, sin estudiarlo con detalle, la polarización rotatoria, la cual fue observada en 1812 por Jean-Baptiste Biot (1774-1862), a quien ha quedado el mérito de su descubrimiento.

<sup>244</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 186, 279.

<sup>245</sup> TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998 (Op. Cit), p. 110.



**Figura 234. Sacarímetro de Soleil.**

Así pues, la polarimetría es una técnica instrumental de análisis químico cuantitativo que mide la desviación del plano de la luz polarizada al atravesar sustancias con actividad óptica o poder rotatorio óptico, asimétricas molecularmente. Hay tres técnicas polarimétricas: la polarimetría propiamente dicha, que data de 1811; la dispersión rotatoria óptica o espectropolarimetría, que mide la capacidad de rotación de radiaciones de distintas longitudes de onda, descubierta en 1950 y el dicroísmo circular, estudio de la absorción de radiaciones dextrógiras y levógiras, descubierta en 1960. La polarimetría se emplea mucho en la industria y en la determinación de azúcares. El ángulo girado o rotación ( $\alpha$ ) depende de la concentración del analito ( $c$ ), del poder rotatorio específico de cada molécula ( $[\alpha]$ ) y del espesor de la muestra atravesada ( $b$ ), de acuerdo con la fórmula:  $\alpha = \{ \alpha \} bc$ . La medida es específica de la longitud de onda empleada, de la naturaleza y polaridad del disolvente y para una temperatura dada. Se aplica con fines cualitativos o de identificación al determinar el poder rotatorio específico de una molécula y en determinaciones estructurales, al medir la rotación tras una reacción química; en cinéticas de compuestos ópticamente activos; y sobre todo en la industria azucarera, en la determinación cuantitativa de sacarosa.



**Figura 235. Polarímetros.**

El principio del polarímetro es muy simple (figura 236). La luz introducida es polarizada en un plano determinado mediante el polarizador y luego se hace pasar a través de la disolución de la sustancia que se pretende analizar. A continuación, esta luz pasa por un nuevo polarizador, colocado para permitir el paso de la luz hasta el objetivo, para lo cual se dispone de un sistema que permite girarlo alrededor de un eje. Gracias a la lente, se puede leer en el círculo el ángulo que es necesario girar el segundo polarizador para obtener un máximo de intensidad luminosa. Al medir este ángulo primeramente con el recipiente o “tubo” de muestra vacío y luego con éste lleno con la sustancia ópticamente activa a determinar, la diferencia entre ambos valores permite calcular el poder rotatorio de la disolución, el cual depende del espesor de la capa atravesada, la naturaleza de la sustancia analizada, la concentración de la disolución, la longitud de onda de la luz y la temperatura. Conociendo la rotación  $[\alpha]_{\lambda}^T$  producida por una disolución de 1 g/ml de la sustancia en una columna de líquido de 1 decímetro de longitud para una longitud de onda fija ( $\lambda$ ), es posible determinar la concentración de la muestra analizada a través de la fórmula:

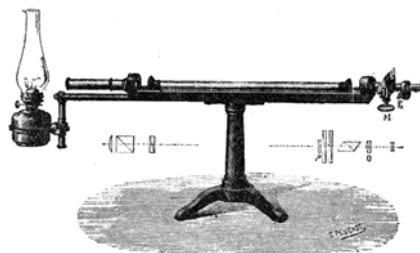
$$[\alpha] = [\alpha]_{\lambda}^T \cdot b \cdot c$$

donde  $[\alpha]_{\lambda}^T$  es el poder rotatorio específico de la sustancia correspondiente para una temperatura y una longitud de onda determinada, que normalmente suele ser la línea D del sodio.  $[\alpha]$  es la rotación producida por una columna de líquido de longitud  $b$ , en dm, y concentración  $c$ , en g/ml. La glucosa es un ejemplo de las muchas sustancias químicas que presentan la propiedad de variar el plano de polarización de la luz. En general, estas sustancias tienen estructuras moleculares con un carbono asimétrico, es decir, unido de forma inmanente a cuatro grupos sustituyentes diferentes, por lo que dan lugar a “enantiómeros”, moléculas que difieren sólo por su estructura espacial y que no son imágenes especulares superponibles. Por ello, los enantiómeros presentan una simetría semejante a las manos (que tampoco son imágenes superponibles) y, por ello, las sustancias que presentan estas características se denominan “quirales”<sup>246</sup>. En suma, el desarrollo comercial del polarímetro tuvo lugar en Alemania y Francia, debido a su valor en el análisis del azúcar, lo que llevó a desarrollar un

---

<sup>246</sup> *Quiral* procede del griego y significa “mano”.

tipo especial de polarímetros, especialmente adaptados para estos análisis, que se denominaron sacarímetros<sup>247</sup> (figura 235).



**Figura 236. Polarímetro y su principio de funcionamiento.**

Conjunto analizador - polarizador para construir un polarímetro manual (*polarisation enrichtung*) [MFH 3813] (figura 238). Foto número: 373. Datos del analizador: medidas de 3,4 cm de altura, 3,1 cm de ancho y 3,1 cm de fondo; el estuche contiene piezas metálicas enroscables, pero le faltan piezas y, a pesar de que observamos la presencia de etiquetas que describen su modo de empleo, su estado de conservación es incompleto. Datos del elemento intermedio: posee una escala de 0 a 34 y gira correctamente; son sus medidas 2,7 cm de altura, 6,0 cm de ancho y 6,0 cm de fondo. Datos del polarizador, que mide 3,5 cm de altura, 4,3 cm de ancho y 4,3 cm de fondo. El aparato conjunto fue fabricado por la casa *Carl Zeiss*, en la ciudad de Jena, Alemania. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento fue donado por la Farmacia Fuentes (Palencia).

<sup>247</sup> Este aparato tiene como función medir la concentración de sacarosa de una solución azucarada. Para medir la concentración  $C$  (masa de soluto por unidad de volumen de solución) de una solución azucarada de sacarosa, se emplaza ésta en un tubo cilíndrico de longitud  $b$ , cerrado por dos piezas de vidrio y al cual atraviesa longitudinalmente la radiación (visible) polarizada. A la salida del tubo se mide la rotación  $\alpha$  del plano de polarización y se aplica la ley de Biot ( $\alpha = \alpha_0 c$ ), donde  $\alpha_0$  es el “poder rotatorio específico” de la sustancia activa disuelta, coeficiente dependiente de la longitud de onda y, aunque menos, de la temperatura (figura 237).



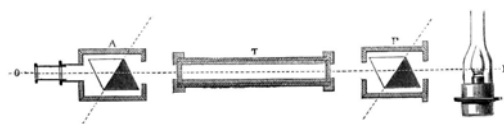
**Figura 237. Ocular de un sacarímetro Steindorff & Co. Obsérvense los dos micrómetros de ajuste a ambos lados.**



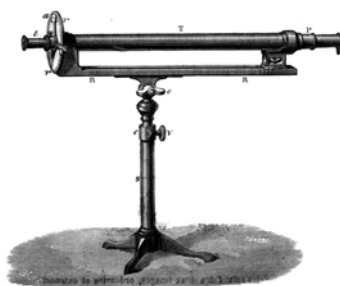
**Figura 238. Conjunto analizador - polarizador para polarímetro manual [MFH 3813].**

Sacarímetro o polarímetro de Biot [MFH 3519] (figura 241). Foto número: 052bis. Son sus medidas: 40,0 cm de altura, 50 cm de ancho y 20,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con los elementos ópticos

de vidrio. Su estado de conservación es bueno, algo oxidado, aunque la escala gira correctamente. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. En el interior del polarímetro se halla un tubo de polarimetría.



**Figura 239. Esquema del sacarímetro de Biot.**



**Figura 240. Sacarímetro de Biot.**



**Figura 241. Sacarímetro o polarímetro de Biot [MFH 3519].**

Polarímetro de Lippich [MFH 3565] (figura 243). Foto número: 318. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y madera, con las zonas ópticas de cristal. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

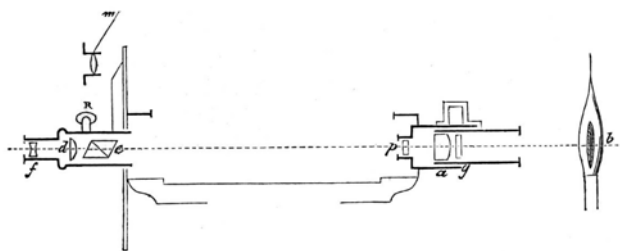


**Figura 242. Polarímetro de Lippich.**



**Figura 243. Polarímetro de Lippich [MFH 3565].**

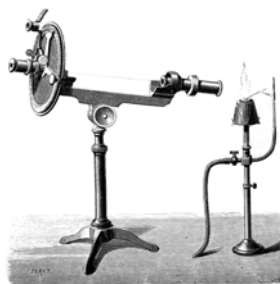
Polarímetro de Laurent [MFH 3566] (figura 246). Foto número: 017. Son sus medidas: 37,1 cm de altura, 56,8 cm de ancho y 23,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con los visores de su parte óptica de vidrio. Respecto a su estado de conservación, requiere limpieza y falta la tapadera superior de los tubos. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. Ya que en un polarímetro es preferible dividir el campo en dos partes o zonas y hacer girar la dirección del plano de polarización hasta igualar la intensidad de las dos mitades del campo, rotando el analizador, en el polarímetro de Laurent (figuras 244 y 245) el analizador y el polarizador son sendos prismas de Nicol<sup>248</sup> y en cada mitad del campo, la luz atraviesa un filtro de semionda (analizador de penumbra). Un visor permite observar visualmente el plano del filtro de semionda. El polarímetro Laurent fue utilizado en la segunda mitad del siglo XIX para determinar las propiedades ópticas específicas de las sustancias naturales (luz polarizada). Las medidas logradas con un polarímetro Laurent fueron una útil alternativa a los laboriosos procedimientos de purificación y el instrumento también mostró su utilidad en la identificación de sustancias puras.



**Figura 244. Esquema del polarímetro de Laurent.**

<sup>248</sup> El Espato de Islandia es meramente calcita, una forma de carbonato cálcico. En 1669 Erasmus Bartholin (1625-98) descubrió su propiedad de ser doblemente refractivo.





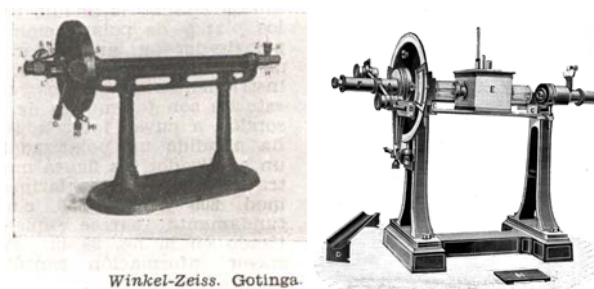
**Figura 245. Sacarímetro de Laurent.**



**Figura 246. Polarímetro de Laurent [MFH 3566].**

Polarímetro de Lippich [MFH 4091] (figura 248). Foto número: 067. Este aparato fue fabricado por la casa *Franz Schmidt Haensch*, en la ciudad de Berlín, Alemania. Exhibe el número de serie 9347. Son sus medidas: 44,0 cm de altura, 73,0 cm de ancho y 22,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, óptica

en cristal, posee un tubo de vidrio de polarimetría (con número de serie 104846) de 20 cm. Su estado de conservación precisa ajuste, sobre todo el visor izquierdo. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 247. Dos polarímetros de Lippich: izquierda, Winkel-Zeiss; derecha, Leybold.**



**Figura 248. Polarímetro de Lippich [MFH 4091].**

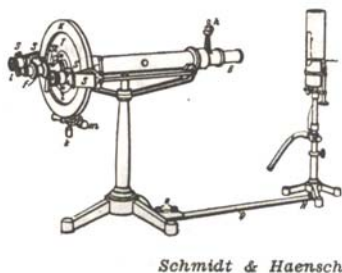
Polarímetro [MFH 4162] (figura 249). Foto número: 414. Posee escalas de medida, en ángulos, de 0 a 360°, con una precisión de  $\pm 1^\circ$ . Este aparato fue fabricado por la casa *Carl Zeiss*, en la ciudad de Jena, Alemania. Exhibe el número de serie 133. Son sus medidas: 39,5 cm de altura, 52,0 cm de ancho y 19,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, bombilla de cristal y cerámica, lentes de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno y para estar operativo seguramente solo precisa una bombilla nueva. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.



**Figura 249. Polarímetro [MFH 4162].**

Polarímetro de Laurent [MFH sn] (figura 251). Foto número: 162. Este aparato, hermano gemelo del de la foto número 067, fue fabricado por la casa *Franz Schmidt Haensch*, en la ciudad de Berlín, Alemania. Exhibe el número de serie 10147. Son sus me-

didat: 50,0 cm de altura, 71,0 cm de ancho y 22,5 cm de fondo. Su estado de conservación es perfecto y posee en su interior un tubo de vidrio de 20 cm. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales, en el despacho del Prof. Dr. Benito del Castillo. Este polarímetro fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4014706.



**Figura 250. Grabado con un polarímetro de Laurent de la marca Schmidt & Haensch.**



**Figura 251. Polarímetro de Laurent [MFH sn].**

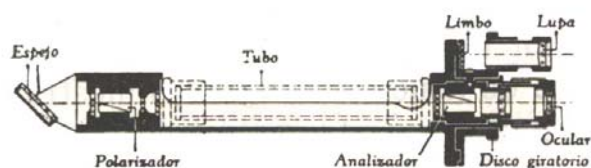
Polarímetro vertical [MFH sn] (figura 252). Foto número: 076. Son sus medidas: 29,0 cm de altura, 10,0 cm de ancho y 10,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, con el visor de vidrio. Su estado de conservación es bastante bueno, aunque gira con mucha dificultad. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 252. Polarímetro vertical [MFH sn].**

Polarímetro de penumbra [MFH sn] (figura 255). Foto número: 204. Este aparato fue fabricado por la casa *Carl Zeiss*, en la ciudad de Jena, Alemania. Datos del polarímetro, cuyas medidas son: 22,0 cm de altura, 13,0 cm de ancho y 7,0 cm de fondo; los materiales con los que se fabricó son metal, con su parte óptica de vidrio y su estado de conservación es excelente. En cuanto al tubo, exhibe el número de serie 9078, mide 10,8 cm de altura,

1,3 cm de ancho y 1,3 cm de fondo, los materiales con los que se halla construido son metal y vidrio y su estado de conservación es muy bueno. En él vemos etiquetado “94,7”, número que se refiere a su paso óptico, en mm. En el momento de la foto, ambos componentes se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



C. Zeiss. Jena.

**Figura 253. Polarímetro de penumbra.**



Steeg & Reuter.

**Figura 254. Polarímetro de penumbra de la marca Steeg & Reuter.**



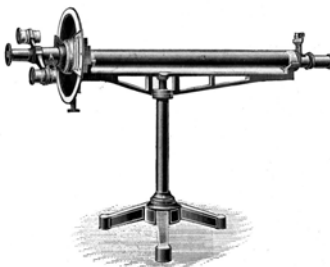
**Figura 255. Polarímetro de penumbra [MFH sn].**

Polarímetro de Lippich [MFH sn] (figura 257). Foto número: 324. Este aparato fue fabricado por la casa Jobin Yvon<sup>249</sup>. Son sus medidas: 38,7 cm de altura, 58,2 cm de ancho y 17,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son

---

<sup>249</sup> Marie Amédée Louis Jobin había nacido en Than (Alto Rin) en 1861. Tuvo una pulcra educación académica, que finalizó en la prestigiosa École Polytechnique. Jobin, sin embargo, eligió el camino de las armas y marchó a la academia militar de Fontenbleu, de donde salió teniente, pero estuvo poco tiempo en el Ejército, pues en 1885 se retiró del mismo y se dedicó a la construcción de aparatos científicos, tras comprar la Casa Laurent. Intentó un nuevo resurgimiento de la firma, trabajando en colaboración con físicos de renombre, como Charles Fabry (1867-1945). De entre las creaciones más importantes de Jobin se hallan sus aparatos de interferometría o “interferómetros”. Jobin trabajó para grandes empresas, como la alemana Zeiss y la británica Adam Hilger. Jobin trasladó los míticos talleres de la calle Odeón 35, pues, en 1911, la dirección en París de la casa Jobin, se encontraba en rue Humbolt 31. En 1921 Jobin fue elegido miembro de la Oficina de Medidas de Longitud, ocupando el puesto dejado por Jules Charpentier (1851-1921). En 1935 Jobin se trasladó a Arcueil, cerca de París, y diez años después, en 1945, terminada la Guerra, se asoció con Gustave Yvon. La empresa resultante, Jobin-Yvon, establecida en Longjumeu, cerca de París, ha perdurado hasta hoy, destacando en la fabricación de instrumentos ópticos.

metal y vidrio. Su estado de conservación es muy bueno, aunque el soporte de la lámpara necesita ajuste; ignoramos si la lámpara funcionará, y el nonio está oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Alberga en su interior un tubo de polarimetría de 22 cm.



**Figura 256. Polarímetro de Lippich [MFH sn].**



**Figura 257. Polarímetro de Lippich [MFH sn].**



Nueve tubos de polarimetría [MFH sn] (figura 259). Foto número: 206. Seis de ellos son metálicos y tres de vidrio. Son sus medidas diversas (alto, ancho, fondo, en cm), desde el mayor (26, 3,5 y 3,5 cm) hasta el menor (8,9, 3,5, 3,5 cm). Los materiales con los se hallan contruidos son: metal, vidrio, cerámica. Su estado de conservación es bueno. Cuando se hizo la foto, se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 258. Tubo de polarímetro.**



**Figura 259. Tubos de polarimetría [MFH sn].**

Pinzas de turmalina [MFH 5940] (figura 261). Foto número: 124. Su utilidad aplicativa general y farmacéutica en particular, fue estudiar la polarización de la luz<sup>250</sup>, frecuente en el estudio del dicroísmo de los cristales. Este instrumento fue construido en el año 1870. Son sus medidas: 2,8 cm de altura, 13,7 cm de ancho y 3,2 cm de fondo. Los materiales con los que se halla construido son metálicos (latón), vidrio y turmalina. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 260. Pinzas de turmalina.**



**Figura 261. Pinzas de turmalina [MFH 5940].**

<sup>250</sup> BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6<sup>a</sup> ed., Paris: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834. (Op. Cit.) p. 293. Las pinzas de turmalina son un “aparato” relativamente sencillo, el más simple dispositivo de polarización. Formado por dos placas, paralelas al eje óptico con sendos cristales de turmalina. La primera placa, más próxima a la muestra a observar, solía tomar forma de disco, con posibilidad de giro en el plano perpendicular al eje de la luz observada. El rayo ordinario se absorbe por la turmalina, mientras que el rayo extraordinario la atraviesa, aparentando menor coloración de la turmalina. Esta puede ser de color verde, marrón o rojizo, según la calidad de la turmalina empleada. La segunda placa sirve como analizador y el campo observado se vuelve claro u oscuro. Polarizador y analizador se cambian de ubicación a voluntad y el efecto permanece.



## **12. ESPECTROSCOPIAS ATÓMICAS Y MOLECULARES DE ABSORCIÓN Y EMISIÓN**

Entramos aquí en el gran apartado que conforman la popular colorimetría y la espectroscopia en general. Dentro de las técnicas instrumentales, los métodos ópticos se basan en las medidas sobre radiaciones<sup>251</sup>, absorbidas o emitidas. Las espectroscopías se dividen, según la naturaleza de la muestra, en atómicas y moleculares, y, según la interacción de la radiación con la muestra, en espectroscopías de emisión, de absorción y de dispersión, entre otras. Entre las espectroscopías atómicas de emisión, se halla la espectroscopía de emisión atómica, la fotometría de llama y la espectroscopía de plasma. Una de las espectroscopías atómicas más importante es la de absorción atómica. Entre las espectroscopías moleculares de absorción, destacan la espectrofotometría de absorción UV-VIS y la espectrofotometría de absorción infrarroja. Las espectroscopías moleculares de emisión cuentan con la espectroscopía Raman, la espectrofluorimetría y la espectrofosforimetría. Las espectroscopías moleculares de dispersión más importantes son la turbidimetría y la nefelometría. Entre otras espectroscopías moleculares figura la Resonancia Magnética Nuclear. Por último, otros métodos ópticos son la refractometría y las técnicas polarimétricas (polarimetría, dicroísmo circular, dispersión rotatoria óptica). Los espectros atómicos presentan líneas (de emisión o de absorción), mientras que los moleculares presentan bandas más o menos anchas. Un espectro es la representación gráfica del valor de absorción o de emisión frente al valor de longitud de onda creciente.

---

<sup>251</sup> El espectro electromagnético es el conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas. Se divide en varias zonas, limitadas por su energía, longitud de onda y frecuencia. De mayor a menor energía, están los rayos gamma, los rayos X, las radiaciones ultravioletas, las visibles, las infrarrojas, las microondas y las ondas de radio. La radiación gamma se origina por procesos nucleares; los rayos X, por transiciones de electrones de las capas internas; la radiación UV-VIS, por transiciones de electrones de las capas externas o de enlace; la radiación infrarroja, por vibraciones moleculares; la de microondas, por rotaciones moleculares, y la de radiofrecuencias, por absorción dipolar. Cuando una radiación interacciona con un material, puede dar lugar a fenómenos de transmisión a través de un medio, de refracción, de reflexión, de dispersión, de polarización, de difracción y de absorción. Si la muestra absorbe radiación, tras la absorción puede mostrar resonancia, fluorescencia, fosforescencia, dispersión Raman y degradación calorífica, entre otros fenómenos.

Un equipo instrumental para llevar a cabo técnicas colorimétricas se conoce como colorímetro y está basado en la ley de absorción de la luz, universalmente conocida como ley de Lambert-Beer. Uno de sus dos precursores, Johann Heinrich Lambert (1728-1777), investigador que realizó sus principales contribuciones en el campo de la matemática y la física, publicó en 1760 el libro titulado *Photometria*, donde señalaba en primicia que la disminución de la intensidad luminosa al atravesar un rayo de luz un número dado de capas de cristal podía considerarse exponencial. En realidad, la relación entre paso óptico o espesor del medio atravesado y la merma de la intensidad de la radiación que pasaba por un objeto había sido ya descrita, con anterioridad, por Pierre Bourguer, matemático y astrónomo francés, en 1729. Los trabajos de Bourguer dieron pie a los más rigurosos, desde un punto de vista matemático, de Lambert, que, concretados en ecuaciones, pasaron a llamarse ley de Lambert. Tras trabajar con filtros de cristal, Müller relacionó, en 1852, intensidad de color y paso óptico, para la determinación cuantitativa de compuestos en soluciones. Ese mismo año de 1852, August Beer (1825-1863) señaló que la ley era aplicable a soluciones con concentraciones distintas y definió el coeficiente de absorción, con lo cual sentó las bases de la fórmula actual, utilizada además de para radiaciones visibles para ultravioletas e infrarrojos así como para espectroscopias atómicas. Dicha expresión es la expresada abajo donde  $A$  es la absorbancia,  $I_0$  la intensidad incidente (que generalmente se considera el 100%),  $I$  la intensidad después de atravesar la muestra, también expresada en tanto por ciento de la incidente,  $\varepsilon$  el coeficiente de extinción molar propio de cada sustancia,  $b$  el paso óptico o espesor de sustancia que atraviesa el rayo luminoso y  $c$  la concentración de la solución.

$$A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right) = \varepsilon bc$$

La colorimetría es, pues, la técnica instrumental de análisis que persigue la determinación de sustancias; su principio se basa en la capacidad de éstas de absorber la radiación visible. Basada en la intensidad con que una sustancia disuelta en un líquido absorbe la radiación electromagnética visible, se puede utilizar con fines cualitativos, cuando se determinan las longitudes de onda a las que se produce la absorción. Pero sobre todo se emplea con fines cuantitativos, al ser la absorción de la radiación proporcional a la concentración

de sustancia absorbente atravesada por la radiación visible (ley de Lambert-Beer)<sup>252</sup>. El equipo instrumental se denomina colorímetro si trabaja sólo con radiación visible y espectrofotómetro si lo hace con radiación visible y ultravioleta. La colorimetría es un método analítico muy utilizado, no sólo por existir gran cantidad de compuestos coloreados que absorben radiación visible, sino porque también se pueden determinar muchas sustancias de interés clínico, bromatológico y bioquímico mediante reacciones de formación de complejos coloreados con marcadores específicos. En la mayor parte de los colorímetros, el sensor es el ojo humano, cuya sensación de color responde a una serie de estímulos físicos, químicos y biológicos, combinados en ciertas partes de la retina, ante una energía radiante en determinadas longitudes de onda o frecuencia. Los métodos colorimétricos visuales implican la servidumbre u obligatoriedad de utilizar un patrón o una serie de patrones. Además, aunque la absorbancia es una propiedad aditiva, el ojo es incapaz de comparar colores si se halla presente en la disolución una segunda (o más) sustancia coloreada, lo cual constituye otra desventaja de la colorimetría. Finalmente, el ojo es menos sensible a pequeñas diferencias de absorbancia que un dispositivo fotoeléctrico y con un colorímetro es extremadamente arduo, muy difícil o casi imposible detectar diferencias de concentración menores de un 5 %.

---

<sup>252</sup> La ley de Lambert-Beer es la ley física que describe la absorción de la radiación electromagnética; su enunciado dice que la reducción de energía radiante de un haz de radiación monocromático es proporcional a la intensidad o potencia del haz y a la cantidad de sustancia absorbente situada en su trayectoria. Se expresa mediante la fórmula  $A = \epsilon b c$ , donde  $A$  es la absorbancia,  $c$  la concentración,  $b$  el espesor del material atravesado y  $\epsilon$  el coeficiente de absorción, coeficiente de extinción molar o absortividad molar, que es específico de la sustancia absorbente y de la longitud de onda. La absorbancia se define como el logaritmo del cociente de las intensidades de radiación incidente  $I_0$  y emergente  $I$ , según la fórmula  $A = \log I_0 / \log I = \epsilon bc$

La ley de Lambert-Beer es la piedra angular que cuantifica cualquier proceso de absorción de radiación ultravioleta (UV), visible (VIS), infrarroja (IR), infrarroja cercana (NIR, *near infra red*), ya sea molecular o atómica, en líquidos, gases, sólidos y soluciones. La linealidad entre absorbancia y concentración es su propiedad más importante, y justifica el uso cuantitativo de la espectroscopía. Para que se cumpla la ley de Lambert-Beer, se deben cumplir cinco premisas: que la radiación incidente sea monocromática y paralela; que las sustancias absorban independientemente, sin interaccionar entre sí; que el medio absorbente sea homogéneo; que el índice de refracción no dependa de la concentración, y que la única interacción entre radiación y materia sea la absorción. La ley de Lambert-Beer no indica qué efecto ejerce la temperatura, la longitud de onda, el pH o los disolventes.

La ley de Lambert-Beer comenzó a utilizarse con fines analíticos a partir de los trabajos de Bunsen, Roscoe y Bahr. En 1870 Jules Duboscq<sup>253</sup> (figura 258) fabricó el primer prototipo del instrumento que lleva su nombre, el colorímetro Duboscq, el cual, además de su principal utilidad analítica, era particularmente adecuado en la docencia para el estudio de las leyes de la colorimetría.



**Figura 262. Jules Duboscq (1817-1886).**

Hemos de extendernos, al menos un poco, en la figura de Jules Duboscq, sucesor de la *cosas Soleil*, antecesor de la *Casa Laurent* y de la *Casa Jobin-Yvon* y, en suma, creador de numerosos instrumentos ópticos de la colección, amén del colorímetro que lleva su nombre. Poca información genealógica poseemos del suegro de Jules Duboscq, el óptico Jean-Baptiste Soleil (1778-1878), fundador de la *Casa Soleil*. Su padre, el artesano François Soleil (?-1846), primero de la saga de los Soleil, fue un hombre de larga vida. François Soleil se había casado dos veces, la primera de ellas con Louise Gabrielle Delmotte, madre de Jean-Baptiste, el fundador de la *Casa Soleil*, y la segunda con Marie Rosalie Vitry, quien le dio dos hijas, Adelaide y Rosalie Constance, casadas luego respectivamente con Jean Jacques François y con Henri Joseph Vauquier. A su vez, el fundador de la *Casa Soleil*, Jean-Baptiste, contrajo matrimonio con Josephine Alexandrine Françoise Fontaine, con ella tuvo dos hijos: Rosalie Jeanne Josephine, futura mujer de Jules Duboscq, y Henri Jean Jac-

---

<sup>253</sup> Jules Duboscq fue el creador de, entre otros, el colorímetro que lleva su nombre (figura 262). Nacido en 1817, J. Duboscq comenzó a los diecisiete años como aprendiz en la Casa Soleil, dedicada a la construcción de instrumentos ópticos. Sabemos poco o muy poco de los orígenes de Duboscq. Solamente hemos encontrado información sobre su padre, Denis Lubin Duboscq, quien se había casado con Geneviève Luise Meunier. Fruto de este matrimonio, nacerían dos hijos: Jules Luis, en 1817, en el pueblo de Villenne (Seine et Oise), y Denis Théodore, cuatro años más tarde, en 1821.

ques, de quien desconocemos sus actividades profesionales, aunque sí sabemos que contrajo nupcias con Leontine Françoise Orlia.

Los antecedentes de la *Casa o Talleres Duboscq* hay que establecerlos en François Soleil. En efecto, el protofundador François Soleil alcanzó una formidable reputación como fabricante de lentes; tenemos una primera noticia de sus actividades en 1799, instalado en París, en el número 14 de la calle Cimetière André (desde 1844, calle Suger). El negocio de las lentes iba bien y un año después la familia decidió trasladarse a un local mayor, en la calle Filles Thomas, luego calle St. Thomas. Tras el primer desastre napoleónico, en 1812, decidieron mudarse del caramanchel de la calle St. Thomas a otro local mayor, en el número 1 de la misma calle, la cual luego recibiría diversos nombres: Pasaje Feydeau y, tras 1827, Galería Vivienne. En la primera década del siglo XIX, François Soleil se anunciaba como fabricante de pequeños microscopios manuales, pero su mayores trabajos fueron la “lente micrométrica” (*lunette micrometrique*), construcción del prisma ideado por el físico y explorador Alexis Marie du Rochon (1741-1817). En 1812, quizás una de las razones del citado cambio de instalaciones, fue la fabricación del “propiógrafo”, una cámara oscura mejorada. Tras casarse en 1819 con Josephine Alexandrine Françoise Fontaine, Soleil comenzó a colaborar con uno de los físicos más famosos de su tiempo, Augustin Jean Fresnel (1788-1827), fruto de estos trabajos mancomunados nacerían avances cruciales en la historia de la instrumentación científica. Fresnel o, lo que viene a ser lo mismo, la Comisión de Faros, creada desde 1811, a la que pertenecía Fresnel desde junio de 1819, encargó a Soleil la realización de una compleja lente, consistente en varios prismas, que sustituiría las caras y difíciles de fabricar “lámparas Argand”, con reflectores parabólicos<sup>254</sup>. En 1821 Soleil realizó la primera lente polizonal, plana por una cara y poligeométrica por la otra, de 35 cm de diámetro; al año siguiente, una segunda de 55 cm y 70 cm de distancia focal y, poco después, una tercera, de 76 cm. Fresnel y la Comisión de Faros quedaron encantados y realizaron un encargo de ocho unidades, para instalarlas en el faro de Courduan, uno de los mayores y más importantes de Francia.

---

<sup>254</sup> ALLARD, E.: *Phares et balises au XIXeme siècle*. Paris: Presses d'école nationale des ponts et chaussées D. L., 1995 (Op. Cit.).



El nombre Soleil debe considerarse emblemático entre los fabricantes y productores de instrumentos ópticos. Su taller, conocido ya como “*Casa Soleil*” fue una de las casas fabricantes de óptica más prestigiosas, su reputación universalmente apreciada y exportó instrumentos a todos los rincones del mundo. La *Casa Soleil* fabricó instrumentos ópticos, que hoy, como entonces, podríamos calificar de “altas prestaciones” o de “óptica superior” (*haute optique*), denominación que, sin embargo, excluía microscopios y telescopios, raramente contruidos por la firma. La excelente calidad y extraordinaria variedad de dichos instrumentos hicieron que, durante muchas décadas, la *Casa Soleil*, dirigida por François, más adelante por su hijo Jean-Baptiste y luego su legatario Duboscq mantuviesen su hegemonía, un cierto monopolio, en la fabricación de instrumentos científicos ópticos. Soleil, siguiendo las indicaciones de su ya amigo Fresnel, solicitó financiación estatal para la construcción de las descomunales lentes a las que hemos hecho referencia. Soleil y su familia prosperaron y, en 1821, compraron una casa más grande en Chapelle St Denis, en las afueras de París. La linterna de Cordouan, que montaba las lentes fabricadas por Soleil, fue experimentada en 1822, en la plaza de la Estrella, en la capital del Sena, hecho que despertó el interés de los parisinos.

Por lo tanto, entre 1829 y 1831, Soleil estuvo dedicado a los meticulosos trabajos de lentes para Fresnel. Los primeros pedidos, estatales, llegaron enseguida. Fresnel, por motivos que ignoramos, intentó involucrar en el proyecto de las lentes a otro productor de instrumentos, Gambey, quien con sus hermanos detentaba la *Casa Gambey*. Los resultados de Gambey fueron malos y Soleil obtuvo la exclusividad de las lentes. En las Exposiciones Nacionales de Francia celebradas en 1819, 1823, 1827 y 1834, Soleil fue galardonado con medallas de plata por sus licencias.

En 1838, Soleil, tras haber presentado una impresionante colección de aparatos a la Académie des Sciences, sufrió un derrame cerebral, quedando paralítico y, ante su subsiguiente incapacidad, alquiló las instalaciones para producir grandes lentes para faros, a su yerno, Jean Jacques François, quien, a su vez, cedió el negocio a su yerno Létourneau. Para

entonces, la *Casa Soleil* continuaba plena de reputación, bajo Jean-Baptiste Soleil, aunque las instalaciones a las que ahora hacemos referencia, continuaban independientes, principalmente dedicadas a las ventas de lentes para faros. En 1852 la “casa” fue comprada por L. Sautter; en 1870, éste se asoció con Lemonnier, creándose la compañía *Lemonnier et Cie*, una de los fabricantes más importantes de estos instrumentos durante bastantes décadas. Antes, François Soleil había muerto enfermo en 1846, ya incapaz de cualquier tipo de actividad profesional.

Jean-Baptiste Soleil (1798-1878), suegro de Jules Duboscq, fue el fundador de la que se conoció como la *Casa Soleil* y el verdadero artífice de su fama en la construcción de sofisticados instrumentos científicos. Jean-Baptiste recibió en principio una educación rudimentaria desde el punto de vista académico, aunque, lógicamente, conocía a la perfección la fabricación de lentes y aparatos ópticos del taller de su padre. Esto nos da idea de que la familia tenía una posición media, sin nadar precisamente en la abundancia. Por indicación de su padre, Jean-Baptiste siguió cursos de óptica con el científico Jean Jacques Charles (1746-1823). Posteriormente fue aprendiz en el taller parisino del constructor Haering y del mecánico Palmer, hecho chocante e indicativo de una clara independencia o, cuanto menos, duplicación, con las actividades de su padre. En 1823 Jean-Baptiste Soleil fundó un primer taller en el número 7 de la parisina calle Nazareth, para trasladarlo dos años más tarde al número 35 de la calle Odeón, donde la “casa” iba a permanecer hasta comienzos del siglo XX –cambios municipales acabarían ubicando el taller en el número 21 de esa calle-. Se puede decir que Jean-Baptiste fue epígono respecto de los pasos de su padre en la mejora y construcción de partes mecánicas y ópticas de los faros, así como en la colaboración con Fresnel, lo cual nos vuelve a hacer preguntarnos por qué Jean-Baptiste Soleil separó sus talleres de los de su padre. Sea como fuere, Jean-Baptiste y su hermana Leonor fueron presentados por Fresnel, el amigo y colaborador de su padre, al físico Charles Babinet (1794-1872) y a otros físicos franceses relevantes, como Young, Brewster, Malus, Biot, Arago, entre otros. Jean-Baptiste Soleil, fascinado por la óptica y ciertamente deslumbrado por las conversaciones con estos científicos, comenzó a mejorar algunos diseños de instrumentos ya existentes. Jean-Baptiste Soleil era un hombre entusiasta, algo ingenuo y, por ello, capaz

de enfrascarse sin más en desarrollos heterodoxos que otros hubiesen rechazado, aparatos que enseguida, curiosamente, se convertirían en “clásicos”. La contribución de J.B. Soleil a esos instrumentos fue mucho más que la del mero constructor de las ideas de otros. Entre sus primeras creaciones famosas, hallamos, en 1838, la de un aparato para proyectar luz polarizada; en 1839, un goniómetro, idea de Babinet; un microscopio de luz polarizada para determinar el ángulo de cristales biaxiales; en 1841, el polarímetro ideado por Arago, incluso un microscopio de bolsillo y un curioso percolador de café. En 1842 fabricó para el físico Theobald Silbermann (1806-1865) un heliostato, más sencillo y menos costoso que el diseño entonces extendido y aceptado, debido a Gambey. En 1844 describió un ingenioso aparato basado en los “anillos de Newton” y luego presentó otro, asimismo ingenioso y también realizado en colaboración con Silbermann, para demostrar las leyes de reflexión y refracción. En 1845, tras haber dedicado tiempo a la observación de las propiedades ópticas del cuarzo, propuso el uso de placas dobles de este material para medir pequeños ángulos de luz polarizada, así como un compensador doble para medidas polarimétricas. Abría de esta manera J.B. Soleil sus creaciones a un campo netamente francés, la polarimetría (o sacarimetría), donde pudo aplicar sus conocimientos y desarrollos sobre lentes polizontales, ideas ya presagiadas, aunque aparentemente olvidadas, por el naturalista francés George Louis Leclerc de Buffon (1707-1788). En 1840, siguiendo las indicaciones de Biot, J.B. Soleil construyó bastantes polarímetros y luego perfeccionó un sacarímetro; el diseño de este aparato contenía sustanciales mejoras sobre los polarímetros existentes y Soleil, en un hecho asertivo, una especie de “aquí estoy yo”, puso su nombre al aparato: “sacarímetro Soleil”. En la saga-dinastía de los Soleil y de los Duboscq, todos los fabricantes de la familia firmaron los aparatos y documentos que crearon, con lo cual, por una parte, queda constatación de su fabricante, pero sin embargo omitieron su nombre completo, tal vez deliberadamente, para dar imagen de un conjunto homogéneo. En 1845 Jean-Baptiste Soleil diseñó y construyó otro sacarímetro con luz blanca y, en 1847, inventó un generador de color para éste, lo cual le valió una medalla de oro de la *Société d'Encouragement de l'Industrie Nationale*, instrumento enseguida adoptado por la industria azucarera.

Entre tanto, J.B. Soleil tuvo tiempo para crear otros instrumentos sofisticados, como el polarímetro y cianopolarímetro de Arago o el “reloj polar” de Wheatstone (1802-1875) de 1848, que determinaba la hora a partir de la polarización de la luz solar. Como a tantos otros, a Soleil le impresionaron los descubrimientos de Louis Jacques Daguerre (1787-1851) y, en 1839, fabricaba daguerrotipos muy mejorados. Soleil participó en la Exhibición Nacional de 1834, donde fue distinguido con una mención “honorable”, en la de 1839, donde recibió medalla de bronce, y en la de 1944, donde obtuvo el galardón de medalla de plata. Para entonces, J.B. Soleil poseía una formidable reputación como fabricante de instrumentos, que equipaban numerosos laboratorios parisinos, como el *Collège de France*. Su fama se extendió por toda Francia, el resto de Europa y Estados Unidos. En 1849 obtuvo su máximo reconocimiento, durante la Exhibición Nacional, una “medalla de oro” y Soleil fue nombrado Caballero de la Legión de Honor. Al año siguiente, Soleil se retiró y vendió el negocio, la *Casa Soleil*, a su hijo Henri y a su yerno Duboscq. Éste tomó la parte de aparatos científicos, por la que pagó a su suegro 450 francos, y aquél, la parte de lentes y vidrios ópticos, por la que pagó 500 francos. El hecho físico de aceptar dinero de su hijo y de su yerno por estos traspasos nos aclara de forma palmaria la filosofía pragmática y crematística de la familia, a la vez que nos indica la posición media de ésta; la prerrogativa, en forma de paga anual de la Legión de Honor, permitía simplemente retirarse a Jean-Baptiste Soleil y, además, las cantidades de los traspasos familiares de sus talleres, suponía una cierta seguridad para su vejez. Ambos ergástulos, aunque profesional y completamente independientes, prosiguieron en la misma dirección de la calle Odeón, número 35.

Henri Soleil (?-1879) mantuvo la tradición familiar, aunque su fama fue mucho menor que la de su padre. Sus actividades, más para nosotros, quedan ensombrecidas por el resplandor de las de su cuñado Duboscq. Continuando la tradicional producción de lentes, vidrios ópticos, prismas y placas de cristal, Henri Soleil abrió anexa una tienda en la misma calle Odeón 35, donde vendía microscopios simples, binoculares, gafas y pequeños instrumentos de cristal, como barómetros, termómetros e hidrómetros, probablemente fabricados

por otros<sup>255</sup>. En 1866 Henri Soleil obtuvo el premio Borodin (1000 francos) de la Académie des Sciences, gracias a un dispositivo de cortar placas de cuarzo con gran precisión. Tras sugerir la posibilidad de utilizar berilio como patrón de longitud, Henri Soleil presentó sus elementos ópticos en la Exposición Universal de 1855, donde le concedieron una medalla de segunda clase, y en la de 1867, donde obtuvo medalla de plata. En 1870, a pesar de que se tiene constancia de 200 instrumentos y accesorios en un catálogo de su *Casa Soleil*, ésta entró en recesión económica, vendiendo la compañía en 1872 a Léon Laurent<sup>256</sup>. Henri Soleil se retiró entonces y finalmente murió siete años después, en 1879.

Tras este repaso cronológico por la *Casa Soleil* y sus sucesivos cambios de propietario, volvamos a Jules Duboscq, hijo de un zapatero remendón y azacán, quien fue el primero de una estirpe de artesanos-físicos constructores de instrumentos científicos, estirpe que sólo iba a perdurar dos generaciones. Los trabajos “artesanales”, de una cierta precisión y cuidado, eran familiares a Jules Duboscq. Suponemos que su padre, buscando algo mejor, más elevado y reconocido socialmente, indujese al joven Duboscq a solicitar su primer tra-

---

<sup>255</sup> BANFIELD, EDWIN. *Barometer makers and retailers, 1660-1900*. Wiltshire: Baros Books, 1991 (Op. Cit.)

<sup>256</sup> El nuevo propietario, Léon Laurent, había nacido en Soisson (Asne) en 1840. Pertenecía, pues, a otra generación más de constructores y artesanos de la instrumentación, que, con el tiempo, prolongaría las actividades de los Soleil y de Duboscq. Conforme a la tradición y costumbres del sector, Laurent, tras haber asistido tres años a la escuela Turgot de París (1853-1856), estuvo como aprendiz en la Casa Froment, donde permaneció catorce años. En 1870 Léon se contrajo matrimonio con Marie Matilde Duboscq, hija de Jules Duboscq, y marchó a trabajar al mítico taller de la calle Odeón. Dos años después, en 1872, Laurent sucedió, como queda dicho, a Henri Soleil y revitalizó la, para entonces, valetudinaria compañía, de modo que en 1877 ésta contaba con 20 empleados, amén de los que trabajaban en la propia Casa Laurent. Éste se dedicó bastante al familiar negocio de los sacarímetros, como uno especial de su creación, llamado “diabetómetro”, para la determinación de azúcar en orina. La Casa Laurent siguió fabricando aparatos científicos, principalmente ópticos. En 1874 Laurent ideó otro sacarímetro, el sacarímetro Laurent, en realidad un polarímetro-sacarímetro Soleil mejorado, aparato por el que Laurent fue distinguido, en 1876, por la *Société d'Encouragement*. En 1878 tuvo lugar la Exposición Universal de París, a la que Laurent concurrió y su aparato fue gratificado con dos medallas de oro (Consultar: EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE DE PARIS, 1900. *Rapport du Comité d'installation*, 1900. Saint-Cloud: Imprimerie Berlin Frères, 1900).

En ese año, ciertamente glorioso, Laurent fue nombrado Caballero de la Legión de Honor; para entonces, el catálogo de la Casa Laurent comprendía 400 ítems, lo cual da una idea de la diversidad y, aunque parezca una antología, especialización, así como de la magnitud de la Casa. León Laurent, además de desarrollar y fabricar numerosos aparatos científicos, como proyectores, lámparas, polarímetros, colorímetros, microscopios de polarización, espectroscopios, etc., continuó la tradicional fabricación de lentes y prismas. Gracias a Laurent se fabricaron aparatos y lentes de altísima calidad, de manera que, en 1889, en la Exposición Universal de París, Laurent fue distinguido con un “Gran Premio” (*Grand Prix*). En 1892 Laurent se retiró prematuramente, posiblemente enfermo, y vendió la firma a Amedée Jobin, murió diecisiete años más tarde, en 1909.

bajo en el taller de la *Casa Soleil*. Todo ello explica también por qué Duboscq careció de formación académica y aclara, consecuentemente, el hechizo hierático, casi místico, que durante su vida provocaron en él los estudios físicos y de óptica. Lo primero que conocemos de Duboscq es que a los 17 años, en 1834, entró como aprendiz en la empresa de Jean-Baptiste Soleil. En 1839, a la edad de 22 años, Duboscq se casó con la hija del dueño, Rosalie Jean Soleil. Éste y su ayudante Duboscq trabajaron conjuntamente una década exacta, hasta 1849, cuando Soleil se retiró, después de haber puesto su pericia e inteligencia en la construcción de equipamiento científico al servicio de grandes físicos; hemos reflejado con anterioridad su colaboración con Fresnel (1788-1827), Arago (1786-1853), Foucault (1819-1868), Babinet (1794-1872) y Delezenne, indicios de tareas conjuntas con otros científicos franceses, como Pasteur, Jamin, Bertin, Crova, Violle, Becquerel y, lógicamente, de otras nacionalidades. Duboscq tendría con Rosalie Jean tres hijos: Marthe Elise, Marie Matilde, luego casada con el físico-constructor Léon Laurent (1840-1909), y George Louis Théodore.

Duboscq trabajó durante cuatro décadas en el contexto de la llamada perihelio o “edad de oro de los constructores de aparatos científicos franceses”. Durante un corto tiempo, en 1850, la empresa Soleil se citaba como “*Casa Soleil-Duboscq*”. Duboscq fue continuista en las tendencias profesionales de su suegro y su reputación como constructor de instrumentos fue colosal, al tiempo que hoy se reconoce la enorme calidad y rigor de sus creaciones; muchos de los aparatos creados entonces por Duboscq se conservan casi intactos en muchos museos de Europa y Estados Unidos. El primer trabajo importante y famoso de Duboscq fue diseñar el regulador electromagnético de Léon Foucault y, luego, un heliostato siguiendo las instrucciones de éste. Sin embargo, Duboscq alcanzó su fama en vida con la construcción de una cámara estereoscópica, cuyas exposiciones se iluminaban con un arco de descarga eléctrico. Duboscq fue para Soleil más un hijo que un yerno. Fue precisamente Duboscq quien sucedió a Soleil en 1849, manteniéndose al frente de la empresa hasta 1883. En ese periodo Duboscq creó y desarrolló numerosos aparatos, al tiempo que perfeccionó muchos otros, como, por ejemplo, el “sacarímetro Soleil”, creado por su suegro. Duboscq solía poner en los instrumentos producidos en ese periodo, la chapita “*J. Duboscq à Paris*”.

La imponente habilidad de Duboscq le había constituido en un mecánico con gran pericia, que había perfeccionado diferentes instrumentos ópticos y construido, además de los citados regulador electromagnético y el helióstato, ambos de León Foucault, una lámpara eléctrica de arco, un espectroscopio capaz de realizar dobles medidas fotográficas, un sacarímetro y el compás de líquidos de Ritchie.

El de 1868 fue el año de la creación del colorímetro, hoy conocido como “colorímetro Duboscq”, aparato al que hemos dedicado el capítulo anterior y que continuó siendo utilizado, sin modificaciones sustanciales, durante más de un siglo, en múltiples trabajos y, como herramienta analítica de gran utilidad, en diversos descubrimientos científicos.

En los catálogos de la *Casa Duboscq* descubrimos cuán grande era la disponibilidad de los aparatos construidos en sus talleres: lentes, prismas, bancadas ópticas, fuentes de radiación, espectroscopios, espectrómetros, fotómetros, colorímetros, refractómetros, goniómetros, interferómetros, polariscopios, polarímetros, fosforoscopios, incluso juguetes ópticos y un largo etcétera.

La actividad de la calle Odeón 35 era ante todo manual, empezando por el mismo Duboscq, quien, además de ser el propietario y dirigir la compañía, supervisaba la producción, tenía tiempo para las nuevas invenciones y la mejora de los aparatos existentes. Duboscq, aparte de todo ello, era un excelente demostrador, hoy diríamos “comercial” o “jefe de producto”. Sin la compañía Duboscq resultaría abstruso imaginar el avance científico durante la época del Segundo Imperio Francés.

Por sus avances en las nuevas lámparas mejoradas de arco, Duboscq recibió el encargo de iluminar la Opera de París, para lo cual produjo una bancada de nada menos de 480 celdas Bunsen. Bueno, ya que estaba en esto, Duboscq creó una serie de curiosos accesorios para los efectos especiales de la puesta en escena, como el amanecer, o una tormenta artificial, relámpagos incluidos (creados con lámparas de arco) e incluso la lluvia.

A principio de la década 1870, Duboscq, después de haber mantenido durante tanto tiempo el taller y la tienda en la calle Odeón 35, trasladó aquél al número 30 de la calle Monsieur le Price, un sitio de mayor amplitud. En 1878 Duboscq empleaba 36 hombres y 3 muchachos, además de otros 20 subcontratados externos, capaces de producir anualmente instrumentos por un valor de venta de 180.000 francos, de los cuales se destinaba una tercera parte (60.000 francos) para el mercado doméstico francés y los restantes dos tercios (120.000 francos) a la exportación. La visita a los talleres Duboscq era obligada a todo científico que acudiese, por una u otra razón, a París. Duboscq participó en prácticamente todas las grandes exposiciones coetáneas de Europa y América. Pocos de sus allegados mantuvieron labores afines a la creación de instrumentos científicos, aunque hemos de citar principalmente a su hermano Théodore (1821-1889), durante bastantes años director técnico de la “casa”, lo cual le valió, en la Exhibición de París, un galardón por sus 15 años de colaboración en la firma Duboscq. En 1879 Duboscq se asoció con su sobrino, y a la vez yerno, Albert Alexis (1849-1898), casado en 1873 con la hija de aquél, Marthe Elise Josephine. Pero esta sociedad duró tan sólo tres años, hasta que, por razones que se desconocen, fue disuelta en 1882. Entonces, padre e hijo, Théodore y Albert Alexis se instalaron como competidores en la calle Fossée St-Jacques, número 11. Esa nueva sociedad del hermano y sobrino-yerno de Duboscq tuvo aún menor éxito, aunque participó en las Exposiciones de Ámsterdam (1883), Amberes (1885), Barcelona (1885) y París (1889).

La breve asociación de Duboscq con su sobrino e hijo político, Albert Alexis, casado, como queda dicho, con su hija Marthe Elisa e hijo de su hermano menor Denis Théodore, indica palpablemente que el ámbito de Duboscq debió ser bastante cerrado. La empresa con su sobrino-yerno tuvo corta duración, pero fue capaz de producir algunos instrumentos de interés, como el registrador de movimientos vibratorios existente en el Museo Louis-le-Grand. Philippe Pellin codirigió el taller a partir de 1883, junto con Jules Duboscq, pero sólo tres años, hasta 1886, fecha de la muerte de Jules Duboscq. También existen instrumentos de interés de dicho periodo, como un aparato didáctico para el estudio de las leyes de Descartes, sobre reflexión y refracción.



En 1881 la *Société d'Encouragement* distinguió a Duboscq con la medalla de oro por sus muchos e improbables años de trabajo y descubrimientos físicos, materializados en múltiples invenciones instrumentales. En 1885, nuestro hombre, ya con 68 años, se asoció con su joven y tantos años colaborador Philibert François Pellin, creando la firma J. Duboscq et Ph. Pellin. La actividad de la nueva compañía, con un Duboscq viejo y cansado, fue cada vez menos intensa. Famoso, Oficial de la Legión de Honor, Duboscq murió el 24 de septiembre de 1886. Aparte del mundillo científico, Duboscq fue conocido, y es recordado popularmente, por haber publicado varias descripciones de aparatos contruidos por él y por haber escrito las Reglas Prácticas de Fotografía aparecidas en 1853. Duboscq publicó seis libros y tratados, todos relativos a instrumentación<sup>257</sup>.

Los sucesores de Duboscq fueron las Casas Pellin, Laurent y Jobin. A la muerte de Duboscq se creó la sociedad formada por el hijo de éste, Félix Marie (1877-1940) y por su antiguo empleado, Philibert François Pellin (1847-1923); un nuevo cambio generacional en la vetusta firma. Pellin, de forma antagónica a su antiguo jefe, sí tenía formación académica. Había estudiado en la *École des Arts et Manufactures*, de donde salió con el título de

---

<sup>257</sup> Dichas seis publicaciones fueron:

DUBOSCQ, J.- *Description de l'appareil régulateur de la lumière électrique de M. J. Duboscq*. Batignolles: Hennuyer, 1853. Sus exiguas cuatro páginas nos hacen ver más un catálogo que un verdadero manual de usuario.

DUBOSCQ, J.- *Notice sur le compas à liquide de Ritchie construit par J. Duboscq*. París: Duboscq, 1866. De nuevo sus ocho páginas nos remiten a un folleto de divulgación científica-instrumental.

DUBOSCQ, J.- *Pratique du saccharimètre Soleil modifié par J. Duboscq. Evaluation de la chesse d'un sucre ou d'une dissolution sucrée quelconque*. París: Duboscq, 1860; 1866; 1873; 1860. Este pequeño tratado práctico, mitad manual de uso de un equipo producido por Duboscq y mitad aplicativo, fue editado por el mismo J. Duboscq y alcanzó un cierto renombre entre el mundillo científico de la época, como lo demuestran las cuatro ediciones que de él se realizaron: 1860, 1866, 1873, 1860. Este tratado práctico tenía dieciséis páginas, doblando curiosamente de nuevo el número de páginas de sus anteriores publicaciones.

DUBOSCQ, J.- *Règles pratiques de la photographie sur plaque, papier, albumine et collodion d'après les meilleurs procédés connus, par J. Duboscq*. París: Duboscq, 1853. Este ensayo, cuya existencia ya hemos reseñado, dista de ser una sencilla “hoja” de instrucciones, pues sus 47 páginas por fuerza tuvieron que requerir esfuerzo y tiempo.

DUBOSCQ, J. & PELLIN, PH.- *Instruments d'optique et de précision. Maison Jules Duboscq. Appareil de projection de Jules Duboscq pour les expériences de polarisation*. Le Mans: E. Monnoyer, 1894. De nuevo un catálogo conteniendo instrumentos fabricados por Duboscq, ya en colaboración con Pellin, a pesar de que, como vemos, figura como fabricante solo la casa Duboscq.

DUBOSCQ, J. & PELLIN, PH.- *Instruments d'optique et de précision. Maison Jules Duboscq. Notice sur un appareil pour les phénomènes d'interférences et de diffraction, construit par Ph. Pellin*. Le Mans: E. Monnoyer, 1894. Mímico al anterior, la gran diferencia con respecto a aquél es que, aun siendo todavía el fabricante la Casa Duboscq, el creador del instrumento era ya Pellin.

ingeniero civil en 1870. Al año siguiente se asoció con el constructor de pianos Kriegels-  
 tein, hasta que, en 1883, marchó a trabajar a la Casa Duboscq. En 1885, como se ha dicho,  
 se asoció con éste y, a su muerte, un año después, quedó como propietario de la firma, hasta  
 que se asoció con el hijo de Duboscq, Félix Marie. Pellin continuó la tradición de Duboscq  
 y también produjo magníficos aparatos, los más afamados de Europa, participando en bue-  
 na parte de las exhibiciones de la época, información de tales eventos que les venía de pri-  
 mera mano, pues Pellin y Félix Marie Duboscq formaron parte del *Comité d'Installation* de  
 dichos eventos. En 1890 Pellin fue galardonado por la *Société d'Encouragement* con una  
 medalla de oro por sus creaciones, sobre todo refractómetros y espectroscopios. La forma-  
 ción académica de Pellin le permitió ser miembro de la *Société française de Physique* y  
 presidente del *Syndicat patronal des Constructeurs en instruments de précision*<sup>258</sup>. Pellin  
 también fue *Chevalier de la Légion d'Honneur* y *Officier de l'Instruction Publique*, ambos  
 títulos concedidos en 1894. A finales del siglo XIX, Pellin extendió la tradicional produc-  
 ción de instrumentos ópticos y comenzó a construir equipos para meteorología, magnéticos  
 y de radio. En 1900, el taller-fábrica producía once líneas de instrumentación. Pellin tam-  
 bién propuso el salto cualitativo de la documentación, dotando a sus aparatos de cuantiosa  
 documentación escrita, con información técnica, tablas, gráficos, especificaciones, graba-  
 dos demostrativos y fotos. En el nuevo siglo XX, Pellin comprendió que tenía que dar un  
 salto comercial, pues aunque la parisina Casa, colegataria del esplendor de las antiguas Ca-  
 sas Soleil y Duboscq, era sumamente conocida en Francia y la calidad de sus instrumentos  
 ópticos incomparable, la cada vez mayor competencia de las firmas alemanas, como Fuess,  
 Zeiss, Franz Schmidt o Haensch, y la inglesa Adam Hilger reducían las oportunidades de la  
 firma en la exportación<sup>259</sup>. El hijo de Pellin, Félix Marie (1877-1840), cuya sólida forma-  
 ción académica comenzó con sus estudios en la Escuela Politécnica, donde se licenció en  
 1900, primero se asoció con su padre y, en 1903, llegó a ser director general de la empresa.  
 Vemos, pues, en el talante de los Pellin una gran disparidad con el de los Soleil, hallándose  
 los Duboscq a medio camino entre ambos. En 1909 se tomó la decisión de abandonar los

<sup>258</sup> L'INDUSTRIE FRANÇAISE DES INSTRUMENTS DE PRÉCISION, 1901-1902: *Catalogue publié par le Syndicat des Constructeur et Instruments d'Optique & de Précision*. Paris: Editions Alain Brieux, 1980.

<sup>259</sup> LEISS, C.: *Die optischen instrumente der firma R. Fuess*. Redondo Beach, California: The Gemmary, 1988.

antiguos locales de la calle Odeón y Monsieur le Price y trasladar los talleres, oficina y tienda a la Avenida de Orleáns, número 5. En 1912 Pellin, padre e hijo, se asociaron en la nueva sociedad Philibert et Félix Pellin. Ese año, Pellin padre fue nombrado *Officier de la Légion d'Honneur*. La Gran Guerra hizo cambiar muchas cosas y Pellin tuvo que dar un golpe de timón a la empresa para mantener su rentabilidad, pues el mercado europeo casi desapareció; la compañía abrió nuevos horizontes en Estados Unidos, fruto de los cuales nació una colaboración con la compañía americana de instrumentos científicos *CENCO, Leeds and Northrup, Weston*<sup>260</sup>. Luego, Félix Pellin se enfrascó en misiones oficiales del Ministerio de Comercio, que le llevaron en 1922 a Brasil, en 1932 a Alemania y en 1933 e Austria; fue miembro de algunas comisiones industriales, como la *Chambre Syndicale de l'Optique*, el *Syndicat de Physique* y de diversos institutos, como el *Institut d'Optique*, la *Office National des Recherches et Inventions* y del *Conseil de Perfectionnement du CNAM*<sup>261</sup>. En 1921 fue nombrado Chevalier de la Legión d'Honneur. Como era obvio, Pellin se dedicó luego a la política y a las relaciones públicas, dejando la creación y el desarrollo de los instrumentos en manos de sus ingenieros empleados, hasta que, en 1941, tras la muerte de Félix Pellin, la firma se transformó en la *Société Industrielle d'Instruments de Precision*, uniéndose a los sucesores de la *Casa Deleuil*. Así evolucionó sin solución de continuidad la antigua “*Casa Soleil*”, luego “*Casa Soleil-Duboscq*” y posteriormente “*Casa Duboscq*”, que vivieron sus momentos más estelares cuando su director fue Jules Duboscq, de 1849 a 1883. De este modo se cerraba toda una época, donde los trabajos de la sociedad Duboscq generaron una impronta indeleble. Ciertamente Jules Duboscq creó muchos aparatos, hoy dispersos en diversas colecciones por todo el mundo. Alcanzó la fama en vida como responsable del primer sistema de iluminación eléctrico, en la Opera de París, pero tal vez el logro por el que hoy se le recuerda sea por la creación del estereoscopio, predecesor de la moderna fotografía.

---

<sup>260</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores: *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 247

<sup>261</sup> L'Aventure du metre, exposition au CNAM, 4 abril - 30 octubre de 1989. Musée National des Techniques, 1989.

El colorímetro ha sido y es una herramienta analítica con usos cuali y cuantitativos, comparando la solución del analito a determinar con la de un solo patrón o una serie formada por varios patrones. La técnica colorimétrica obedece al principio de que la absorbancia de un compuesto químico es directamente proporcional a su concentración. La sola utilización de unos filtros permite optimizar la exactitud de las medidas al seleccionar un color u otro (longitud de onda). En un colorímetro manual, como el Duboscq, las determinaciones cuantitativas se realizaban disponiendo soluciones de concentración conocida y creciente de un patrón, el mismo cuya presencia se va a determinar en la muestra problema. El hecho físico de que las sustancias químicas posean un determinado color, como el color rojo de la hemoglobina o el verde de la clorofila, abrieron el camino a las primeras aplicaciones de la colorimetría y, concretamente, al comparador o colorímetro de Duboscq, el cual iba a permitir determinar la concentración de albúmina, azúcar en sangre, calcio, hemoglobina y colesterol. Se tiene noticia de una primera versión del instrumento, creada *ex aequo* por Duboscq y A. Muller en 1853, aunque fue el diseño, mejorado en 1870 por Duboscq, el que se afianzó definitivamente.

Los espectrofotómetros han tomado el relevo de los antiguos colorímetros o fotocolorímetros. Son los espectrofotómetros equipos instrumentales analíticos que miden la intensidad y longitud de onda de una radiación (fotones) tras interaccionar con una muestra, con fines cualitativos y cuantitativos. Existen varios tipos. Los más extendidos son los espectrofotómetros UV-VIS (ultravioleta-visible) e IR (infrarrojo), que analizan la radiación ultravioleta, visible o infrarroja absorbida por una muestra. Los espectrofotómetros Raman analizan la dispersión Raman que genera una muestra. Los espectrofotómetros de absorción atómica analizan qué radiación absorbe una muestra, generalmente iones metálicos en solución. Constan los espectrofotómetros UV-VIS de una o varias fuentes de radiación, un selector de la longitud de onda (monocromador), un compartimiento de muestras y un detector. Se llaman fotómetros los instrumentos cuyo selector es un simple filtro de radiación, y colorímetros los fotómetros que sólo trabajan en la zona visible. Existen espectrofotómetros haz sencillo y de haz doble, en los que la radiación se divide y pasa simultáneamente por la muestra y una referencia. También hay espectrofotómetros “*diode-array*”, que detectan de

forma múltiple y simultánea todas las longitudes de onda a analizar. Los espectrofotómetros suelen lámparas o fuentes de radiación, una de deuterio para la zona UV y otra de wolframio-halógeno para la zona VIS. El monocromador suele ser una red de difracción y una rendija de salida. Las cubetas de muestra son prismáticas o cilíndricas de cuarzo, vidrio o plástico. El detector es un diodo (fotocélula) o un tubo fotomultiplicador. Los espectrofotómetros se utilizan en innumerables determinaciones cuantitativas de sustancias que absorben la radiación ultravioleta o visible, por poseer dobles enlaces en su molécula o porque se han hecho reaccionar con un reactivo. Desde el punto de vista cualitativo, los espectros UV (o UV-VIS) presentan pocas bandas y son poco selectivos, por lo que se prefieren espectrofotómetros de infrarrojo para elucidación de estructuras. Sin embargo, se emplean bastante en el seguimiento de cinéticas.

Los espectrofotómetros de absorción atómica montan una o varias lámparas de cátodo hueco que emiten radiaciones que son absorbidas por la muestra; un atomizador de muestra (una llama o un tubo de grafito) que la lleva al estado de gas atómico; un monocromador que discrimina la radiación que emerge de la muestra; y un detector, generalmente un fotomultiplicador. Analizan metales y metaloides, como metales tóxicos (plomo, cadmio, mercurio) en sangre, orina, alimentos, aguas, y contaminación ambiental. Es una técnica de rutina reconocida y recomendada por el Código Alimentario Español, las Farmacopeas y la Organización Mundial de la Salud. Por extensión, es preciso hacer notar que la espectroscopía es aquella técnica fisicoquímica de análisis que se basa en la medida de la radiación electromagnética absorbida, dispersada o emitida por una molécula o un átomo. Existen muchos tipos de radiación y formas de medirla, por lo que hay un gran número de métodos espectroscópicos, la categoría más numerosa de las técnicas analíticas instrumentales. Las técnicas espectroscópicas realizan medidas en un intervalo continuo de radiaciones monocromáticas sucesivas, definidas por su longitud de onda. Se puede generalizar y denominar espectroscopía a toda técnica instrumental basada en la interacción de un conjunto de radiaciones (espectro) sobre una muestra (molécula o compuesto a analizar). Existen varios tipos de equipos instrumentales. Los espectrómetros proporcionan medidas numéricas, por ejemplo, de absorbancia; los espectrógrafos proporcionan datos gráficos espectrales, por ejemplo, sobre una película fotográfica, y los espectrofotómetros miden nu-

pectrales, por ejemplo, sobre una película fotográfica, y los espectrofotómetros miden numéricamente la señal de absorción o de emisión para un conjunto espectral de radiaciones. Los términos espectrometría, espectrografía y espectrofotometría o fotometría resultan más adecuados para definir las técnicas respectivas. En las técnicas espectroscópicas, una radiación incide sobre la muestra. La radiación electromagnética es un campo de fuerza en el espacio, con frecuencia, velocidad e intensidad características. Su naturaleza se ha explicado históricamente mediante la teoría ondulatoria (la radiación se compone de dos campos, eléctrico y magnético, perpendiculares entre sí, que se desplazan a la velocidad de la luz,  $c$ ); la corpuscular (la radiación está formada por un flujo de partículas o corpúsculos); y la teoría mixta de Planck (toda partícula en movimiento lleva asociada una onda). Newton demostró en 1664 que la luz tenía una naturaleza más o menos compleja<sup>262</sup>, pero en 1800 Herschel estudió el espectro de emisión del sol, en el que descubrió la radiación infrarroja. En 1801 Ritter descubrió la radiación ultravioleta. Kirchhoff anunció en 1859 que cada átomo poseía un único y característico espectro. Él y Bunsen obtuvieron sistemáticamente muchos espectros atómicos al excitar los átomos con una llama o una chispa eléctrica. Von Fraunhofer observó líneas oscuras en los espectros, correspondientes a zonas de absorción<sup>263</sup>, como Wollaston había visto en 1814<sup>264</sup>. Kirchhoff demostró que cada sustancia tiene un espectro característico, y la intensidad de sus líneas o bandas es proporcional a su concentración.

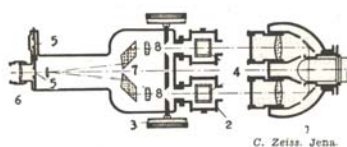
Fotocolorímetro Pulfrich [MFH 3943] (figura 265). Foto número: 012. Este aparato fue fabricado por la casa *Carl Zeiss*, en la ciudad de Jena, Alemania, en el año 1943. Exhibe el número de serie 87828 y fue distribuido por *Luis Vázquez Colls*, calle Mayor, número 8, Madrid, España. Son sus medidas: 48,8 cm de altura, 57,5 cm de ancho y 23,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, vidrio, cuarzo. Su estado de conservación es malo, pues se encuentra sucio y desajustado, aunque

<sup>262</sup> HALL, A. RUPERT: *Newton, his friends and his foes*. Aldershot: Variorum collected Studies Series, 1993.

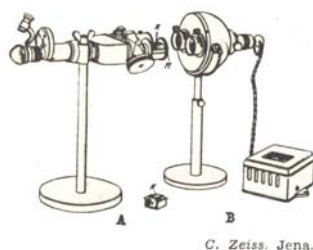
<sup>263</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 142.

<sup>264</sup> BRAND, JOHN C. D.: *Lines of light: the sources of dispersive spectroscopy, 1800-1930*. Luxembourg: Gordon and Breach, 1995.

la óptica del visor está aparentemente en buen estado, e ignoramos si la lámpara está en uso. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. Este instrumento procede de la Facultad de Farmacia.



**Figura 263. Esquema del fotocolorímetro Pulfrich.**



**Figura 264. Fotocolorímetro Pulfrich.**



**Figura 265. Fotocolorímetro Pulfrich [MFH 3943].**

Comparador o recipiente hueco para visualizar reacciones colorimétricas [MFH 2771] (figura 267). Foto número: 108. Son sus medidas: 55,0 cm de altura, 14,7 cm de ancho y 9,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con dos ventanas de vidrio. En cuanto a su estado de conservación, una de las dos ventanas de vidrio está rota. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El instrumento procede del laboratorio de Bioquímica de tiempos del Prof. Dr. José Rodríguez Carracido, donado por el Prof. Dr. Ángel Santos Ruiz, entonces catedrático de Bioquímica y decano de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 266. Comparador hueco para reacciones colorimétricas.**



**Figura 267. Comparador hueco para reacciones colorimétricas [MFH 2771].**



Colorímetro visual [MFH 3564] (figura 268). Foto número: 062. Este aparato fue fabricado por la casa *F. Hellige*, en la ciudad de Freiburg, Alemania y fue distribuido por *Industrias Sanitarias (Antigua Casa Hartmann)*, con oficinas de venta en España en las ciudades de Barcelona, Madrid y Sevilla. Son sus medidas: 38,1 cm de altura, 21,4 cm de ancho y 21,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con el, visor de cristal. Su estado de conservación es bueno y se halla muy poco oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 268. Colorímetro visual [MFH 3564].**

Espectrómetro [MFH sn] (figura 270). Foto número: 058. Este aparato fue fabricado por la casa *F. Hellige*, en la ciudad de Freiburg, Alemania. Exhibe el número de serie

00005. Son sus medidas: 23,5 cm de altura, 27,7 cm de ancho y 14,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, óptica cristal. Su estado de conservación es aceptable, con el cable en mal estado y su aguja está rota y doblada. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Los espectroscopios son instrumentos destinados al análisis de la luz<sup>265</sup>. Con este análisis se puede obtener información sobre un gran número de fenómenos físicos o propiedades de los cuerpos, por lo que, en la actualidad se emplean en una gran diversidad de áreas, que incluyen desde la investigación teórica en química o física cuántica hasta la industria química o la medicina. También existen una gran diversidad de métodos y técnicas relacionadas con la espectroscopia y, como consecuencia, un gran número de diseños de espectroscopios con características muy diferentes entre sí, de modo que resulta difícil reconocer la existencia de unos fundamentos teóricos comunes. Por el contrario, el fundamento de los primeros espectroscopios<sup>266</sup> (figura 269) es muy sencillo de entender; se basaban en un proceso que separaba la luz blanca visible en sus diferentes colores. Un proceso natural en el que se da esta situación es el arco iris que aparece en momentos de lluvia con presencia de luz solar suficiente, de modo que las gotas de agua actúan como pequeños prismas que separan las diferentes radiaciones. Los primeros espectroscopios contenían prismas de vidrio para realizar esta dispersión de las radiaciones luminosas, gracias a los diversos ángulos de refrac-

<sup>265</sup> GUILLEMIN AMADÉE VICTOR: *El mundo físico*. Barcelona: Montaner y Simón, 1882 (Op. Cit). p. 75.

<sup>266</sup> GAMOV, GEORGE. *Biografía de la Física*. Madrid: Alianza Editorial, 1988. (Op. Cit) p. 47. La historia de la espectroscopía comienza con la utilización de una lente por parte de Aristóteles en el año 423 aC, con los estudios sobre espejos de Euclides hacia 300 aC y los de Heron, hacia 100 aC. Séneca (40 aC) observó que la dispersión de la luz en un prisma y Ptolomeo (100 dC) estudió más en detalle los fenómenos de incidencia y de refracción. Ya en 1038, Alhazen estudió la reflexión y refracción de la luz solar y en 1250 Roger Bacon determinó los puntos focales de los espejos cóncavos. Hacia 1600, el telescopio tomó forma en Holanda y en 1610 Galileo realizó sustanciales mejoras sobre los diseños del telescopio. Isaac Newton (1642-1727) llevó a cabo numerosos experimentos que le llevaría a obtener el espectro y los índices de refracción de los distintos colores de la luz solar. Fraunhofer, en los años 1814 y 1815, observó fenómenos de difracción y pudo medir en esos experimentos longitudes de onda en vez de ángulos de difracción. Herschel (1823) y Talbot (1825) descubrieron la emisión atómica cuando ciertos átomos eran dispuestos en una llama. Wheatstone concluyó en 1835 que los metales podían diferenciarse entre sí por las longitudes de onda de su emisión. En 1848, Foucault observó la emisión atómica del sodio y halló que el elemento absorbía la misma radiación que un arco eléctrico. A finales del siglo XIX, Kirchhoff, Bunsen, Angström, Rowland, Michelson y Balmer estudiaron la composición del sol, basándose en sus emisiones a distintas longitudes de onda. Kirchhoff llegó a la conclusión de que la material absorbe la misma longitud de onda a la cual emite, ley básica en la técnica de absorción atómica.

ción que presentan los diferentes colores (o longitudes de onda) de la luz blanca. También se emplearon para este mismo objetivo redes de difracción, otro fenómeno que permite la separación de las radiaciones que forman la luz blanca.



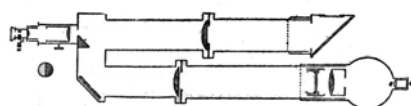
**Figura 269. Espectrómetro.**



**Figura 270. Espectrómetro [MFH sn].**

Espectroscopio de mano de visión directa o fotómetro de Mascart [MFH sn] (figura 272). Foto número: 205. Este aparato fue fabricado por la casa *Watson Barnet*. Exhibe el

número de serie 125267. Son sus medidas: 18,8 cm de altura, 8,0 cm de ancho y 8,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos y sus partes ópticas, de vidrio. Su estado de conservación es mejorable, algo oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. En este espectrómetro de visión directa, el colimador y el espejo poseen el mismo eje y son solidarios (figura 271). Se supone que el sistema dispersivo no produce desviación de la radiación medida, que generalmente era amarilla (lámpara de sodio).



**Figura 271. Espectroscopio de mano de visión directa o fotómetro de Mascart.**



**Figura 272. Espectroscopio de mano de visión directa [MFH sn].**

Tubos de soluciones para colorimetría [MFH sn] (figura 273). Foto número: 255. Posee la gradilla 45 agujeros para patrones, nueve agujeros por fila, en sus cinco filas. Son sus medidas: 33,0 cm de altura, 25,5 cm de ancho y 20,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son de madera, las ampollas de vidrio y los líquidos de las soluciones, especificados en las observaciones. Su estado de conservación es bueno, faltan soluciones. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. Observaciones: ahora tiene 25 ampollas (el resto faltan), con distintos tipos de gamma-dinitrofenol, alfa-dinitrofenol y nitrofenol, a distintos pH.



**Figura 273. Tubos de soluciones para colorimetría [MFH sn].**

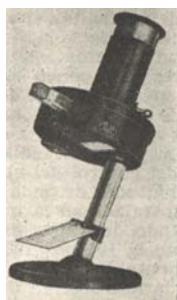
Colorímetro para determinar glucemia (*Blutzucker-kolorimeter*) [MFH sn] (figura 274). Foto número: 171. Posee un elemento reflectante, a modo de espejo, pero de metal, para enfocar la luz. Este aparato fue fabricado por la casa *Zeiss Ikon*. Son sus medidas: 15,0 cm de altura, 7,8 cm de ancho y 7,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, óptica de vidrio, cubeta de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 274. Colorímetro para determinar glucemia [MFH sn].**

Xantoproteinómetro o colorímetro de Crescelius-Seifest [MFH sn] (figura 276). Foto número: 172. Este aparato, modelo “*xantoproteinometer*”, fue fabricado por la casa *Zeiss Ikon*. Son sus medidas: 15,5 cm de altura, 7,0 cm de ancho y 6,8 cm de fondo. Los materia-

les con los que este instrumento se halla construido son: metal, óptica de vidrio, cubeta vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 275. Colorímetro de Crescelius-Seifest.**



**Figura 276. Xantoproteinómetro o colorímetro de Crescelius-Seifest [MFH sn].**

Hemómetro o colorímetro de Crescelius-Seifest [MFH sn] (figura 277). Foto número: 174. Este aparato, modelo “*Hämometer*”, fue fabricado por la casa *Zeiss Ikon*. Son sus medidas: 14,0 cm de altura, 7,0 cm de ancho y 6,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, óptica de vidrio, cubeta vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. Observaciones: al abrir la trampilla se observa su vidrio blanco de altísima calidad.



**Figura 277. Hemómetro o colorímetro de Crescelius-Seifest [MFH sn].**

Fotómetro de Sibermann [MFH sn] (figura 278). Foto número: 234. Este aparato fue fabricado por la casa *Ernst Leitz (actualmente Leica)*, en la ciudad de Wetzlar, Alema-



nia. Son sus medidas: 18,7 cm de altura, 49,5 cm de ancho y 10,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, vidrio cubeta, óptica de vidrio. Respecto a su estado de conservación, este es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. Observaciones: posee un compartimento para cubetas de 1 cm de paso óptico.



**Figura 278. Fotómetro de Sibermann [MFH sn].**

Existen en la colección cuatro maravillosos espectroscopios de Bunsen<sup>267</sup> y Kirchhoff<sup>268</sup>. Además de los populares espectroscopios de tres brazos, durante el siglo XIX se

---

<sup>267</sup> Robert Wilhelm Bunsen, químico alemán nacido en Gotinga el 31 de marzo de 1811 y muerto en Heidelberg el 16 de agosto de 1899. Estudió en la Universidad de su ciudad natal, doctorándose con una tesis sobre

crearon un gran número de diseños diferentes. Se atribuye a los alemanes Robert Bunsen y Gustav Kirchhoff la creación del primer espectroscopio, que llevaría su nombre<sup>269</sup>, a me-

---

los diferentes tipos de higrómetros. En 1834 fue nombrado *Privatdozent* y en 1836 profesor ordinario de la Escuela Politécnica de Kassel. Más tarde, profesor en Marburg, Breslau y, finalmente, en Heidelberg. Sus primeros trabajos fueron sobre química orgánica. Examinó los derivados conocidos del cacodilo y preparó otros muchos, determinando su composición. En estos experimentos tuvo un accidente que le hizo perder la visión en un ojo. Investigando el proceso de combustión en los altos hornos, analizó los humos desprendidos y descubrió que se desperdiciaba el 50% del combustible. Invitado a Inglaterra para estudiar el mismo problema, encontró que allí los resultados eran peores, pues se desperdiciaba el 80%. Esto le llevó a desarrollar métodos de análisis de gases, que publicó en una obra titulada “Métodos gasométricos” (*Gasometrische Methoden*) en 1857. En 1846 pasó a Islandia, donde realizó observaciones e investigó los géiseres, trabajos que sirvieron para el conocimiento del volcanismo. Uno de sus mayores descubrimientos fue el del análisis espectral, que llevó a cabo con Kirchhoff, ideando el espectrofotómetro de llama y dando los métodos de trabajo. Con esta técnica lograron descubrir el cesio y el rubidio. Bunsen es, sin duda, una de las mayores personalidades en el campo analítico y su nombre está asociado con numerosos logros, tales como las yodometrías, el mechero Bunsen, la pila, en la que sustituyó los electrodos de platino por carbón y cinc, logrando una gran economía y una corriente constante; la trompa de agua, el fotómetro, los procedimientos de determinación de urea, etc. Huyó Bunsen siempre de las controversias teóricas, indicando que las hipótesis no tenían valor, mientras que la observación y estudio de un hecho experimental tenían más valor que la más bella teoría. Como permanente honra a su talento investigador la sociedad alemana de química física aplicada lleva su nombre: *Deutsche Bunsen-Gesellschaft für angewandte Physikalische Chemie*.

<sup>268</sup> Gustave Robert Kirchhoff nació en Königsberg, Alemania, el 12 de marzo de 1824 y murió el 17 de octubre de 1887 en Berlín, Alemania. Su mayor contribución a la Física fueron sus descubrimientos experimentales y análisis de los fundamentos teóricos en 1859 de la ley fundamental de la radiación electromagnética. Entre sus mayores contribuciones se hallan sus primeros trabajos sobre corrientes eléctricas, que datan del periodo 1845 a 1849 y sobre la propagación de la electricidad en los conductores, de 1857. Maestro en el análisis matemático de esos fenómenos, Kirchhoff insistió en una formulación lógica y clara de los conceptos físicos y de sus relaciones, basándose directamente en la observación y buscando sistemas coherentes libres de rebuscadas hipótesis. Como docente, ejerció considerable influencia sobre el desarrollo científico alemán de su tiempo y en la Física teórica durante las primeras tres décadas del siglo XX. En la Universidad de Königsberg, Kirchhoff estuvo con Franz Neumann, estudiando la nueva ciencia del electromagnetismo. En 1847 Kirchhoff se graduó y luego se casó con Clara Dichebat, hija de uno de sus profesores. En 1848, Kirchhoff fue lo que hoy llamaríamos “profesor asociado” en esa universidad y dos años después, profesor extraordinario en Breslau. En 1851 el joven Bunsen, pero trece años mayor que Kirchhoff, llegó a Breslau, solo como Punte, para estar residente allí durante un año, antes de acudir a la Universidad de Heidelberg. Sin embargo, Bunsen y Kirchhoff se hicieron muy amigos y en 1854, a propuesta de Bunsen, Kirchhoff fue llamado por el cuerpo directivo de la Universidad de Heidelberg. Fruto de ese ambiente de amistad y colaboración con Bunsen y de su propio talento como docente y como investigador; Kirchhoff realizó grandes contribuciones a la ciencia; Bunsen se había interesado en la razón de por qué las sustancias químicas emiten y absorben radiación, mientras que Kirchhoff se centró en el modo en que las sustancias actúan cuando se las quema o cuando se las calienta hasta incandescencia. Ambos, Bunsen y Kirchhoff planearon y diseñaron un Nuevo tipo de espectroscopio. En 1869 murió la esposa de Kirchhoff, dejándole con cuatro hijos (dos niños y dos niñas); en 1872 Kirchhoff se volvió a casar. Hasta en dos oportunidades Kirchhoff llamó a las puertas de sendas universidades; solamente cuando su salud comenzó a flaquear, dejó sus trabajos experimentales y aceptó la cátedra de Física teórica que le ofrecieron en Berlín en 1875. Estuvo dedicado con intensidad a ese nuevo cometido hasta que una grave enfermedad le obligó a dejar la enseñanza en 1886. Un año después, Kirchhoff, físicamente débil pero intelectualmente siempre alerta, murió en paz por congestión cerebral.

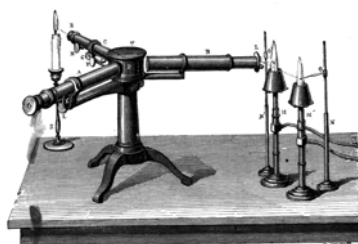
<sup>269</sup> En 1860 Robert Bunsen (1811–1899) y Gustav Kirchhoff (1824–1887) (figura 282) descubrieron dos nuevos metales alcalinos, el cesio y el rubidio, con la ayuda del espectroscopio que ellos habían inventado el año anterior. Esos descubrimientos inauguraron una nueva era, en que los medios posibilitaban hallar nuevos elementos. Los primeros cincuenta elementos descubiertos lo habían sido mediante reacciones químicas o me-

diados del siglo XIX (figura 279). En realidad, varios autores realizaron instrumentos semejantes con anterioridad, en algunos casos propuestos para el empleo de los espectros en el análisis químico. A principios del siglo XIX, Joseph von Fraunhofer (1787-1826) realizó importantes investigaciones sobre el espectro solar que le permitieron observar una serie de líneas negras que ahora llevan su nombre. Los estudios de Fraunhofer fueron el resultado de su interés por la obtención de luz homogénea para el correcto funcionamiento de sus instrumentos ópticos. También se impulsaron estudios sobre los espectros por parte de autores interesados en la nueva teoría ondulatoria de la luz o las propiedades de la chispa eléctrica. La aplicación de los espectros al análisis químico contó con algunos pioneros como William Talbot (1800-1877) que, tras estudiar diversos espectros de llama, llegó a afirmar que “siempre que el prisma muestra que un rayo homogéneo de cualquier color existe en la llama, este rayo indica la formación o la presencia de un compuesto químico definido”. Estos intentos pioneros, sin embargo, tuvieron una limitada aplicación debido a problemas teóricos y prácticos: muchos espectros de llama parecían más complejos de lo que inicialmente se había pensado y las líneas de Fraunhofer seguían sin contar con una explicación aceptable. En los años cincuenta, diversos factores confluyeron para que se multiplicaran los estudios sobre espectros, tales como los realizados por William Swan, profesor de la *Scottish Naval and Military Academy*, que le condujeron a constatar la gran sensibilidad del análisis espectral, que permitía detectar cantidades muy pequeñas de ciertos elementos como el so-

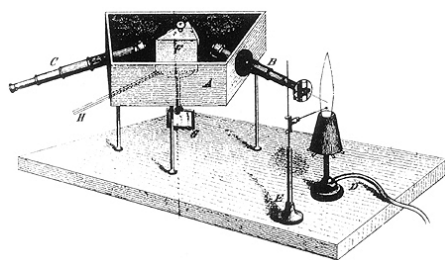
---

dante electrolisis. Desde 1860, la búsqueda de elementos a nivel de trazas solo iba a ser posible con la ayuda de nuevos y especializados instrumentos, como el espectroscopio. Bunsen, hijo de un profesor de lenguas modernas de la Universidad de Göttingen, obtuvo su doctorado en esa universidad en 1830. Tras ello, trabajó en diversos lugares, desde fábricas, yacimientos geológicos y famosos laboratorios, como el de Joseph Louis Gay-Lussac en París. Antes de eso, había estudiado química orgánica, perdiendo el ojo derecho en una explosión con arsénico. A través de su trabajo se interesó vivamente por la Geología y realizó medidas de temperatura del agua en el Gran Geiser de Islandia. Bunsen y Kirchhoff, un físico docente de Königsberg, se hicieron amigos en 1851, cuando aquél pasó un año en la Universidad de Breslau, donde éste Kirchhoff daba clases. Bunsen fue llamado para ocupar un puesto en la Universidad de Heidelberg en 1852, pero pronto se las compuso para que su amigo Kirchhoff fuese allí como docente. El trabajo más importante de Bunsen fue desarrollar diversas técnicas de separación, identificación y medida de varias sustancias químicas. Asimismo, realizó numerosas mejoras de baterías químicas (“baterías Bunsen”), empleadas para aislar metales puros. Creó el mechero que lleva su nombre (“mechero Bunsen”) para analizar en su llama varios metales y sales, pues su llama no luminosa no interfiere con la llama coloreada en presencia del metal. Esos trabajos le condujeron directamente al espectroscopio. Kirchhoff le sugirió que llamas de coloración análoga podían tal vez diferenciarse observando su espectro de emisión a través de un prisma. Bunsen invirtió los últimos cuarenta años de su actividad científica en Heidelberg. Muchos jóvenes químicos aprendieron de él, como, entre otros, Lothar Meyer y Dmitri Mendeleev.

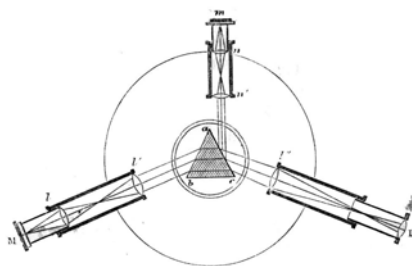
dio. Todo ello, le permitió explicar la presencia generalizada de la línea D del sodio y remarcar la necesidad de trabajar con grandes precauciones respecto a la pureza de las muestras y las llamas empleadas. Por otra parte, el mechero introducido por Bunsen en esos años permitió solucionar algunos de estos problemas<sup>270</sup> (figura 280).



**Figura 279. Espectroscopio de tres brazos, el conocido como “de Bunsen y Kirchhoff”.**



**Figura 280. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff, con un mechero Bunsen, en 1860.**



**Figura 281. Esquema óptico del espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff de 1860<sup>271</sup>.**

<sup>270</sup> Aunque anteriormente se habían realizado notables aportaciones en este campo, podemos considerar que la espectroscopia moderna parte de los trabajos desarrollados en 1859 por Robert Wilhelm Eberhard Bunsen y Gustav Robert Kirchhoff, profesores de química y de física en la Universidad alemana de Heidelberg, respectivamente. Kirchhoff estaba interesado por los problemas de la óptica, mientras que Bunsen había trabajado anteriormente en los análisis cualitativos de elementos basados en el color de la llama.

<sup>271</sup> El espectroscopio consta de tres brazos, trifurcándose de un soporte común: el de la derecha es el objetivo [L] y el de la izquierda [M] es el que conduce la luz emitida por la muestra hasta el prisma [ABC] que produ-



**Figura 282. Gustav Robert Kirchhoff (izquierda) y Robert Wilhelm Eberhard Bunsen (derecha).**

Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH 2993] (figura 284). Foto número: 059. Este aparato fue fabricado por la casa *Desaga*<sup>272</sup>, en la ciudad de Heildeberg, Alemania. Son sus medidas: 28,8 cm de altura, 53 cm de ancho y 30,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, elementos ópticos de vidrio. Su estado de conservación es bueno, algo oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El instrumento fue donado por D. Román Casares. Este espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff se asemeja a un goniómetro<sup>273</sup>. La fuente luminosa para realizar el análisis espectral ilumina el colimador y sobre el objetivo (acromático) se forma una imagen hacia el infinito. Un prisma dispersivo, situado sobre la plataforma central envía una imagen definitiva también hacia el infinito, pero en una dirección que de-

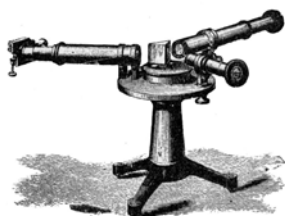
---

ce la separación de los diversos colores. El tercer brazo, situado en el centro de la figura [M-N] contiene una escala graduada sobre vidrio, colocada de tal modo que su imagen se refleja sobre una de las caras del prisma [ABC] del espectroscopio y se dirige hacia el objetivo [L] (figura 281). De este modo, en el objetivo aparecen superpuestas dos imágenes, la escala graduada y la procedente de la muestra con las líneas espectrales características de la sustancia. Por ello, resulta posible calibrar el instrumento mediante líneas producidas por sustancias cuyo espectro es conocido. Utilizando varias sustancias de este tipo, se puede establecer una gráfica que relaciona la longitud de onda de la radiación emitida con la escala de la regla graduada del espectroscopio correspondiente. El brazo que recoge la luz de la muestra [M] contiene una rendija variable y un prisma, con lo que se pueden comparar simultáneamente la luz de dos muestras diferentes, de acuerdo con el esquema de la gráfica adjunta. Gracias a este diseño, el observador puede contemplar superpuestas dos imágenes: una escala graduada y las líneas de colores características de la sustancia. Por ello, resulta posible calibrar el instrumento mediante líneas producidas por sustancias cuyo espectro es conocido. Utilizando varias sustancias de este tipo, se puede establecer una gráfica que relaciona la longitud de onda de la radiación emitida con la escala de la regla graduada del espectroscopio correspondiente.

<sup>272</sup> Peter Desaga fue mecánico en la Universidad de Heidelberg. Uno de sus primeros trabajos fue construir el primer mechero Bunsen, conforme a las indicaciones de éste.

<sup>273</sup> GUILLEMIN AMADÉE VICTOR: *El mundo físico*. Barcelona: Montoner y Simón, 1882 (Op. Cit). p. 76.

pende de la longitud de onda. Un espejo reglado en el infinito refleja las dos imágenes (figura 279).



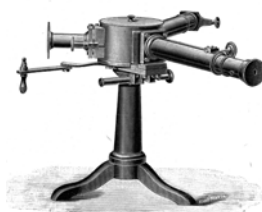
**Figura 283. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff.**



**Figura 284. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH 2993].**

Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH 2994] (figura 286). Foto número: 053.  
Son sus medidas: 24 cm de altura, 35,2 cm de ancho y 20,9 cm de fondo. Sus componentes

son todos metálicos, salvo los elementos ópticos, que son de cristal. Su estado de conservación es bueno; el brazo largo puede girar unos  $15^\circ$ . En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El instrumento fue donado por el Dr. Portillo. Este espectroscopio de desviación constante consta solamente de dos tubos situados perpendicularmente: un telescopio para la observación y un colimador, entre los cuales se encuentra el sistema de prismas, de forma trapezoidal, el cual puede ser movido mediante un tornillo asociado a un tambor graduado que indica la longitud de onda que se está estudiando. El sistema óptico consta de un conjunto de tres prismas unidos según ángulos adecuados, de modo que se consigue que las radiaciones que presentan un ángulo de mínima desviación salgan en dirección perpendicular a la de entrada y puedan ser observadas en el ocular. Dado que el ángulo de misma desviación depende de las características del prisma, en este caso, fijas, y de la longitud de onda de la radiación, con el movimiento del prisma se pueden ir obteniendo radiaciones monocromáticas, cuya longitud de onda se puede determinar directamente en el tambor que controla el movimiento del prisma y que ha sido previamente graduado para tal fin.



**Figura 285. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff.**



**Figura 286. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH 2994].**

Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH sn] (figura 288). Foto número: 316. Este aparato fue fabricado por la casa *Franz Schmidt & Haensch*, en la ciudad de Berlín, Alemania. Son sus medidas: 33,0 cm de altura, 59,8 cm de ancho y 27,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, óptica de vidrio. Su estado de conservación es excelente. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.





**Figura 287. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff.**



**Figura 288. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH sn].**

Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH sn] (figura 290). Foto número: 321. Este aparato fue fabricado por la casa *Jules Duboscq & PH Pellin*, en la ciudad de París, Francia, y fue distribuido por la casa *J. Ganzer*, Barcelona, España. Son sus medidas: 40,5 cm de altura, 64,3 cm de ancho y 24,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es muy bueno, con la

base algo rayada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispánica de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



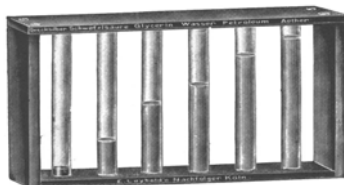
**Figura 289. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff.**



**Figura 290. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH sn].**

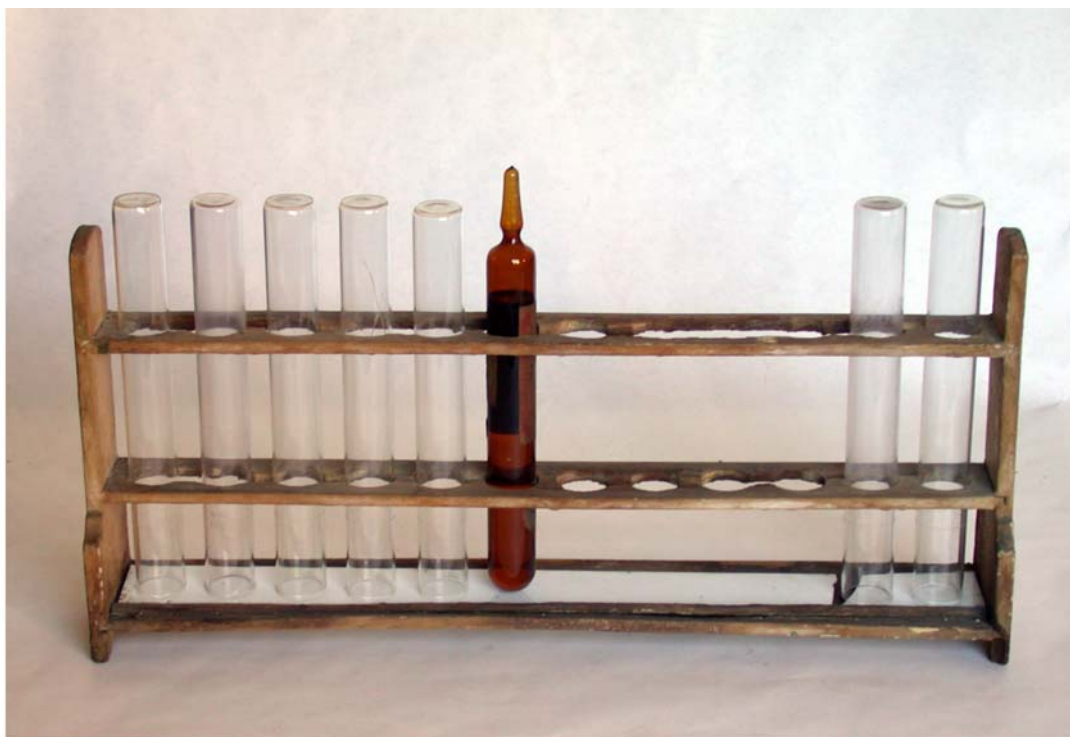
Existen asimismo en la colección dos gradillas para tubos Nessler. Hemos anticipado que el primero y el más simple de los diseños conocidos, fue el conformado por dos tubos de ensayo adyacentes, uno de los cuales contenía una disolución referencia o patrón y el otro la muestra a analizar. El ojo del analista determinaba visualmente, contemplando los

tubos al trasluz, si el color de ambas disoluciones resultaba idéntico. El modelo más arcaico de comparador de color del que se tiene noticia estaba formado simplemente por dos tubos de ensayo, uno al lado del otro; el analista los observaba al trasluz, práctica aún habitual en la determinación manual de la alcalinidad o de la acidez de una solución, cuando ésta contiene un indicador coloreado. Con una serie de disoluciones patrón en esos tubos de ensayo, este sencillo método o comparador de color determina, con bastante aproximación, la concentración desconocida de muestras en disolución del mismo elemento, dentro del intervalo de concentración de las soluciones patrón. Algunos comparadores más sofisticados incorporan, sustituyendo la simple observación al trasluz, dos iluminadores y un elemento óptico para cotejar dos campos yuxtapuestos: uno debido a la solución patrón y otro a la propia muestra. La operación de diluir las disoluciones habitualmente se realiza en los llamados tubos Nessler, de fondo plano, geometría que facilita la llegada de la luz a su parte inferior, sufriendo absorción al pasar luego por la disolución en el tubo. Añadir más disolución referencia o de la solución a analizar provoca cambios de intensidad en el color. El comparador Duboscq dispone una lente óptica que actúa como émbolo, que se introduce más o menos en la disolución con el analito, y de este modo se ajusta a voluntad la altura efectiva de la columna o paso óptico en la disolución problema y en la de referencia. Otros procedimientos similares a los realizados con los tubos Nessler son los llevados a cabo con los denominados tubos Julian, así como con los tubos Eggerts. Para determinar sustancias carentes de color *per se*, se recurría a adhibir un indicador que dotase de color a las disoluciones. Se tenía anexas una serie de disoluciones patrón para su utilización como referencia; se hicieron así clásicas las determinaciones de alcalinidad o de la acidez de una solución por este procedimiento. Los tubos normalmente eran de vidrio, de 100 ml y planos en su extremo inferior, y fueron conocidos como tubos Nessler (figura 291).



**Figura 291. Gradilla con tubos Nessler.**

Gradilla con tubos Nessler [MFH 7562] (figura 292). Foto número: 407. La capacidad de cada tubo es de 100 cc. Son sus medidas: 26,6 cm de altura (altura con tubos: 26,6 cm, sin tubos: 24,4 cm), 51,6 cm de ancho y 9,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, tubos de vidrio. Su estado de conservación es bueno, con siete tubos de 100 cc, uno roto, una ampolla de ámbar. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 292. Gradilla con tubos Nessler [MFH 7562].**

Gradilla con tubos Nessler [MFH 7563] (figura 293). Foto número: 406. La capacidad de cada tubo es de 100 cc. Son sus medidas: 40,5 cm de altura (altura con tubos 40,5 cm y sin tubos 29,0 cm), 50,2 cm de ancho y 8,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, tubos vidrio. Su estado de conservación

es 11 tubos de 100 cc, todos bien. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 293. Gradilla con tubos Nessler [MFH 7563].**

Colorímetro [MFH 2775] (figura 294). Foto número: 329. Mide 19,5 cm de altura, 5,5 cm de ancho y 12,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Respecto a su estado de conservación, se halla parcialmente oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El instrumento se hallaba en el laboratorio de bioquímica, en tiempos del Prof. Dr. José Rodríguez Carracido, y fue donado al Museo por el Prof. Dr. Ángel Santos Ruiz, entonces catedrático de Bioquímica y decano de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 294. Colorímetro [MFH 2775].**

En cuanto a los seis ejemplares de colorímetro Duboscq, el diseño inicial de Duboscq permitía comparar dos disoluciones, una de las ellas, la de referencia, de concentración conocida y otra, la muestra, de concentración desconocida. La luz incidía en el instrumento partiendo de un espejo inferior, donde se reflejaba, para atravesar dos recipientes o cubetas, en uno de los cuales se hallaba la muestra de referencia o patrón y, en el otro, la muestra estudiada. Un colorímetro Duboscq posee dos prismas de inmersión, generalmente hexagonales a veces cilíndricos, siempre contruidos en vidrio. Cada prisma de inmersión se sumerge en cada zona o cubeta, siendo accionados a voluntad mediante un engranaje, actuado por el analista mediante los dos tornillos laterales que se observan en el instrumento. Ese accionamiento tenía como finalidad sumergir el prisma correspondiente en cada cubeta,

variando su paso óptico hasta conseguir idéntica absorbancia, vista luego en el ocular del instrumento; se trataba, pues, de regular la distancia recorrida por el haz luminoso en cada disolución. Por último, tras atravesar las disoluciones, dos prismas pentagonales opuestos, conocidos conjuntamente como rombo de Albrecht-Hufner, recogían los haces luminosos y los dirigía al ocular, donde se observaban a la vez dos semicírculos, uno procedente de la muestra y otro de la referencia. De esta forma, se comparaban las dos intensidades, una tras pasar por la muestra y otra, tras hacer lo propio por la referencia (figura 295). El usuario del colorímetro Duboscq accionaba los tornillos laterales, alterando la inmersión de cada prisma en la correspondiente disolución, hasta lograr observar en el ocular del instrumento dos intensidades iguales, tan iguales que incluso la línea de división entre ambas resultaba prácticamente inobservable. Luego, tras centrar en el ocular dos semicírculos de igual intensidad, anotaba la distancia de inmersión de cada prisma, que generalmente figura en una escala de milímetros y así, mediante la ley de Lambert-Beer, calcula el valor de la concentración de la disolución analizada.



**Figura 295. Colorímetro de Duboscq de la marca Leitz.**

Aplicando ésta en ambas zonas,

$$\text{en la zona de referencia: } A_1 = \log\left(\frac{I_0}{I_1}\right) = \varepsilon_1 b_1 c_1$$

$$\text{y en la zona de muestra: } A_2 = \log\left(\frac{I_0}{I_2}\right) = \varepsilon_2 b_2 c_2$$

En el detector de un colorímetro es el ojo humano, el cual estimaba la intensidad (igualada) de radiación (visible) que atravesaba ambas cubetas. Teniendo la concentración de la solución de referencia previamente preparada, se podía calcular la de la disolución problema, porque la relación entre las distancias de inmersión es proporcional a las dos concentraciones. En el colorímetro Duboscq,  $b_1$  y  $b_2$  eran el paso óptico de cada cubeta, instrumentalmente la longitud de columnas de líquido. Como queda dicho, la forma de trabajar con un colorímetro Duboscq era, antes de nada, ajustar la altura de cada prisma de inmersión sumergido en cada cubeta, hasta igualar la intensidad ( $I_1$  e  $I_2$ ) de ambas zonas en el ocular. La intensidad de cada zona es

$$I_1 = I_0 \cdot 10^{-\varepsilon_1 b_1 c_1}$$

$$I_2 = I_0 \cdot 10^{-\varepsilon_2 b_2 c_2}$$

Y, al igualarse

$$\varepsilon_1 b_1 c_1 = \varepsilon_2 b_2 c_2$$

Con sustancias iguales y longitud de onda igual, los coeficientes de extinción son los mismos, resultando

$$b_1 c_1 = b_2 c_2$$

Así se puede hallar la concentración del analito respecto a la ubicada en la celda de referencia, conociendo la concentración del líquido de referencia y las longitudes o pasos ópticos de los prismas sumergidos en las cubetas.

$$c_1 = c_2 \frac{b_2}{b_1}$$

En definitiva, el colorímetro Duboscq es un comparador óptico basado en el principio de que la absorbancia o atenuación de la radiación incidente por parte de una disolución coloreada es proporcional a su espesor y concentración. El colorímetro o comparador de Duboscq es un instrumento capaz de hallar la concentración (desconocida) de un analito en una muestra, por comparación con otra solución que contiene el analito en cuestión, en



concentración conocida (referencia). El colorímetro Duboscq permite una valoración más exacta que otros métodos precedentes, de carácter volumétrico y gravimétrico. El hecho de que el ojo humano sea el detector del comparador de Duboscq hace que, a concentraciones muy bajas o muy altas, ocurran interacciones que impidan la exacta comparación de colores y, por tanto, la metodología con un colorímetro Duboscq es relativamente imprecisa y analíticamente mejorable.

Ya he comentado que el colorímetro Duboscq mejoró los procedimientos basados en tubos, como, por ejemplo, los tubos Nessler. Sin embargo, avances instrumentales posteriores causaron la desaparición del colorímetro o comparador Duboscq. En la actualidad, podemos decir, jalonando tales hitos históricos, que la colorimetría se puede dividir en tres subgrupos instrumentales: colorimetría con variación de la concentración, en un tubo colorimétrico de Nessler o tubos patrón, con una serie de concentraciones crecientes del analito; colorimetría con variación del espesor, caso del colorímetro Duboscq y colorimetría fotoeléctrica o espectrofotometría, donde se utiliza un instrumento del mismo nombre (“espectrofotómetro”) para medir la cantidad relativa de energía absorbida o “absorbancia” por la muestra a una determinada longitud de onda. Básicamente la espectrofotometría difiere de la colorimetría en que en aquella se puede seleccionar la longitud de onda de trabajo, normalmente ultravioleta o visible y, en menos ocasiones, infrarrojo. En consecuencia, la espectrofotometría trabaja con radiación relativamente monocromática (con un cierto intervalo o ancho de banda), mientras que en la colorimetría se trabajaba con radiación policromática, aunque los últimos diseños de colorímetros Duboscq poseían “filtros colorimétricos” que acotaban tal policromatismo.

A partir de 1940, los espectrofotómetros relegaron a los colorímetros Duboscq y renovaron la popularidad de las técnicas espectrofotométricas (o colorimétricas), afianzando el término “comparador de Duboscq”, antes menos utilizado, para describir el aparato que nos ocupa. El término “comparador” hace justamente referencia a la finalidad del instrumento, conocer la concentración objeto de análisis, comparándola con otra solución de concentración conocida. Por otra parte, la procedencia de la luz, con la que se iluminan muestra

y referencia, ha ido también evolucionando con el tiempo. En el primer diseño de Duboscq, se trataba de un simple espejo, con lo cual la radiación era absolutamente policromática y nada específica. Con el tiempo, ese espejo fue siendo sustituido por espejos de color blanco mate. Más adelante, en los últimos diseños de los colorímetros de Duboscq, la luz procede de una fuente eléctrica, de iluminación uniforme, oculta en la base del aparato.

Antes de disponer de un equipo relativamente sofisticado, como en su momento lo fue el colorímetro Duboscq, se trabajaba comparando el color de dos tubos de ensayo, uno al lado del otro, para determinar el grado de alcalinidad o acidez de una solución, donde se había añadido un indicador. Preparando una serie de soluciones patrón en tubos de ensayo, esta sencilla metódica permitía determinar con bastante aproximación concentración del mismo elemento en la muestra problema. Más adelante, algunos comparadores incorporaron iluminadores y elementos ópticos (prismas) que permitiesen comparar ambos campos (referencia y muestra) yuxtapuestos. Los simples tubos de ensayo había, a su vez, mejorado, dando paso a los tubos Nessler, de fondo plano, a los que llegaba la luz por su parte inferior y se observaba en su parte superior tras sufrir absorción al pasar por la disolución sita en el tubo. El diseño de Duboscq mejoró dicha instrumentación, al disponer los prismas de inmersión, verdaderas lentes ópticas, que se pueden sumergir a voluntad en las disoluciones a determinar y patrón.

Mirando regresivamente, el comparador inventado por Jules Duboscq en 1870 ha sido ampliamente utilizado bajo sucesivas variantes y diseños. Su longevidad operativa ha sido notable, vendiéndose muchos instrumentos de este tipo. Una de las últimas versiones, ha sido descrita hace relativamente pocos años, en 1996, en el familiar libro de texto de *Técnicas Instrumentales* de Skoog<sup>274</sup>.

---

<sup>274</sup> SKOOG, DOUGLAS A., WEST, DONALD M. Y HOLLER, F. JAMES.: *Fundamentals of Analytical Chemistry 7th. ed.* Saunders College Publishing, Fort Worth (1996) (Op. Cit.).

Colorímetro de Duboscq [MFH 2980] (figura 297 y 298). Foto número: 065. Este aparato fue fabricado por la casa *Establecimientos vidrieros Llofriu S.A.*, en la Plaza del Ángel, 13 y 14, Madrid, España<sup>275</sup>, y fue distribuido por la misma casa *Establecimientos vidrieros Llofriu S.A.* Son sus medidas: 43,0 cm de altura, 16,0 cm de ancho y 13,0 cm de fondo. Son sus materiales externos de metal, mientras que las celdas, prismas de inmersión y parte interna del ocular son de vidrio, que, a juzgar por la celda y prisma de inmersión aún presentes en el instrumento, parecen de una gran calidad, faceta fundamental para conseguir una óptima apreciación de ambos semicampos de observación en el ocular; los prismas pentagonales opuestos son también de alta calidad. El coste de esos componentes de vidrio de alta calidad tuvo, por fuerza, que resultar caro. La única celda y el único prisma de inmersión que restan en el aparato están montados sobre bálsamo, lo cual nos dice que este aparato debía requerir frecuentes ajustes y re-ensamblajes para conseguir medidas exactas. Su estado de conservación es bueno, aunque le falta una limpieza a fondo y el mecanismo de inmersión, con sendos tornillos giratorios laterales en la parte alta del equipo, se

---

<sup>275</sup> El aparato fue fabricado por Establecimientos vidrieros Llofriu, una empresa de instrumentación de cierta importancia, con sede en la madrileña plaza del Ángel, 13-14, y dedicada a la construcción y distribución de aparatos e instrumentos científicos. Esta empresa, había sido en origen una empresa familiar de artesanos, fundada a finales del siglo XIX en Mallorca. Su nombre, Vidriera Llofriu, dejaba bien a las claras quién era su fundador y cuál su dedicación. Inicialmente se dedicó a la fabricación de material de vidrio para adorno, pero cuando, a principios del siglo XX, la empresa se expandió y estableció en Madrid y en Barcelona; comenzó a fabricar vasos, tubos y otros materiales para laboratorio. Su nombre evolucionó al de Establecimientos vidrieros Llofriu y se acometió también la fabricación de instrumentos, principalmente ópticos, como el colorímetro de la colección objeto de comentario. Hacia 1930, la heredera Llofriu se casó con Enrique Asens, decidiendo el matrimonio un nuevo cambio de nombre para la empresa: Casa Asens Llofriu. Tenía ésta oficinas de ventas en la calle Balmes, número 21, de Barcelona y en la Plaza de las Cortes esquina a la calle Marqués de Cubas, en Madrid, donde se había trasladado. Durante todo ese tiempo (finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX), la Casa Asens Llofriu comenzó una productiva tarea de distribución de equipos científicos, de los cuales la principal marca era la firma alemana *Reichert, Jung & American Optical*, que había emergido primeramente de la alianza del fabricante austriaco de microscopios Reichert y del fabricante alemán de microtomos Jung, y más tarde de la fusión resultante de ambas con la estadounidense *American Optical*, que fabricaba microscopios al otro lado del océano. En 1960 eran los principales puntales de beneficios en *Asens-Llofriu*, además de las citadas líneas de microscopía y microtomos de *Reichert* (nombre más extendido del fabricante que el completo, arriba mencionado), las pipetas, fotómetros ultravioleta-visible y fotómetros de llama del fabricante alemán *Eppendorff* y las reconocidas estufas suizas *Memmert*. *Asens Llofriu* dio un salto cualitativa y cuantitativamente importante en 1974 cuando introdujo en España la línea de análisis cualitativos de alimentos, gracias a la distribución de la firma sueca *Tecator*. *Asens Llofriu* fue muy conocida por este hecho y la simbiosis cambió en los laboratorios de alimentación los tediosos análisis de proteína y más adelante grasa y ya en 1985, de fibra por técnicas enzimáticas. Con el cambio de distribución de *Tecator*, que consiguió la distribuidora catalana *Izasa*, *Asens Llofriu* comenzó un acelerado declive, que terminó con el cierre de la compañía en 1999. Quedaban lejanos los tiempos de esplendor, que puede aún observarse en la foto enmarcada de los veinte microscopios, de marca *Reichert, Jung & American Optical*, vendidos por *Asens Llofriu* a Santiago Ramón y Cajal.

halla parcialmente oxidado, lo cual impide el correcto y suave desplazamiento de cada uno de los dos prismas de inmersión de cristal que se introducían en ambas cubetas. Por otra parte, faltan éstas y uno de los dos prismas de inmersión. Este modelo corresponde exactamente al denominado “colorímetro de inmersión”, cuyo esquema podemos observar en la figura 296. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El instrumento fue donado al Museo por la Farmacia Fuentes (Palencia).



**Figura 296. Esquema del colorímetro Duboscq.**



**Figura 297. Colorímetro de Duboscq (cerrado) [MFH 2980].**



**Figura 298. Colorímetro de Duboscq (abierto) [MFH 2980].**

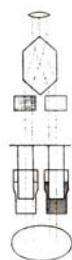
Colorímetro Duboscq [MFH 3111] (figura 299). Foto número: 034. Posee escalas de medida, de 0 a 60 con nonio, a cada lado. Este aparato fue fabricado por la casa *Jobin Yvon*. Son sus medidas: 32,0 cm de altura, 11,5 cm de ancho y 26,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. El instrumento fue donado al Museo por el Dr. Martínez Arroyo. Vemos que este el instrumento incorporaba una modificación sobre el diseño de Duboscq, consistente en situar el ocular dirigido hacia el observador, en vez de verticalmente, con la idea de hacer más cómodas las determinaciones realizadas con él.



**Figura 299. Colorímetro Duboscq [MFH 3111].**

Hemoglobinómetro de Burkner - colorímetro Duboscq [MFH 4071] (figura 301 y 302). Foto número: 085. Este aparato fue fabricado por la casa *Ernst Leitz (actualmente Leica)*, en la ciudad de Wetzlar, Alemania, y en el año 1932. Exhibe el número de serie 1614 y fue distribuido por la Casa *Dr. Torrecilla, farmacia y droguería, Villanueva y Cantera*, en la calle Barquillo, número 37, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 26,0 cm de altura, 12,0 cm de ancho y 15,5 cm de fondo. El fabricante describe esta pieza en la documentación adjunta, sita en su propia caja, como “Hemoglobinómetro de Burkner” y aporta su número de serie de fábrica, 1614. En la actualidad, el *Código de Regulaciones Federales de Estado Unidos* publicado en 2002 (vol. 8: 226), en su apartado 864, relativo a “Hematología y dispositivos patológicos”, identifica un hemoglobinómetro como un instrumento fotométrico o espectrofotométrico, con los correspondientes reactivos, calibrado-

res y controles, utilizado para medir el contenido en hemoglobina de la sangre, para la detección de anemia. Observamos el perfecto estado de conservación del “rombo de Albrecht-Hufner”, que aúna los dos prismas pentagonales opuestos verticalmente, dispositivo que proyectaba el campo ocular de ambos campos de observación, pero cruzados. Observamos en la figura 296 cómo queda al aire el doble prisma, previo al ocular y clave en el sistema de comparación muestra-referencia. Aun siendo éste un modelo posterior, menos evolucionado y más fiel al primer prototipo de Duboscq, posteriormente fue conocido como “colorímetro Duboscq sencillo” (figura 300). El estado de conservación de este colorímetro es excelente y aún funciona correctamente, pues, además, posee todos sus accesorios. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 300. Esquema del colorímetro Duboscq fabricado por E. Leitz.**



**Figura 301. Hemoglobinómetro de Burkner - colorímetro Duboscq [MFH 4071], en su caja.**



**Figura 302. Hemoglobínómetro de Bürker - colorímetro Duboscq [MFH 4071].**

Colorímetro de Duboscq [MFH 7564] (figura 299). Foto número: 330. Este aparato fue fabricado por la casa *F. Hellige & Co*, en la ciudad de Freiburg, Alemania, y fue distribuido por la casa *M. Álvarez, material científico*, sita en la calle Mayor, número 76 de Madrid, teléfono número (el cual ayudará a ubicar la fecha de venta del instrumento) 12050. Son sus medidas: 37,5 cm de altura, 13,5 cm de ancho y 10,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, óptica de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno, aunque se ha utilizado mucho y apenas tiene holgura. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. De los cinco colorímetros de la colección, éste es el más antiguo y el más fiel al diseño original de Duboscq. Inicialmente denominado “colorímetro de inmersión”, tal acepción reflejaba en el nombre, antes que la auto-



complacencia del autor, su principio de funcionamiento, basado en la inmersión de ambos prismas de vidrio en las cubetas, una con muestra y otra con una sustancia patrón o de referencia. Se introducía un prisma más que el otro, hasta que la intensidad luminosa observada por el analista en el ocular era prácticamente la misma, momento en que se procedía al cálculo de la concentración de muestra, ya que, como hemos señalado, existe la misma proporcionalidad entre las citadas concentraciones que entre las distancias de inmersión de ambos prismas. A diferencia de los otros aparatos de la colección, este consta de dos iluminadores rectangulares (cuando en los demás es uno sólo, redondo) y permanece abierto (cuando los demás, más perfeccionados y modernos, son cerrados, para evitar inconvenientes reflexiones de la luz). La disposición abierta del instrumento nos indica el procedimiento cotidiano de su usuario para obtener medidas cuantitativas exactas. Primeramente, llenaba tres cuartos de la cubeta con la sustancia de referencia coloreada, llevando el inmersor de la derecha hasta una altura intermedia; como la zona de inmersión del equipo es de 50 mm, entonces, hasta 20 ó 25 cm. Después, se ajustaba el inmersor de la izquierda hasta apreciar en el ocular coincidencia de ambos campos. Generalmente, se debían realizar seis observaciones por muestra, tres de las cuales proporcionaban el punto de paridad por defecto y las otras tres, por exceso. Luego, se tomaba el valor medio de las lecturas, se ajustaba la escala del inmersor de la izquierda a dicho valor, conservando en la cubeta la solución patrón. A continuación, se vaciaba la cubeta de la derecha, se lavaba ésta y su inmersor con la muestra, al menos tres veces, para evitar contaminaciones o efectos de cruce, antes de llenar la cubeta definitivamente con la muestra. Comprobado que el inmersor de la izquierda se mantenía en la posición antes asignada, se movía el de la derecha hasta conseguir la igualdad de coloración en el ocular, realizándose otras seis lecturas (o más) para establecer el valor de la altura del tornillo accionador del prisma de inmersión sobre la muestra. Las celdas de este colorímetro son de 50 mm, tamaño menor que algunos otros diseños de colorímetros Duboscq, que llegaban a 100 mm, lo cual limitaba sus capacidades analíticas. Las celdas están montadas sobre una carcasa metálica, donde se fijan con un simple tornillo. La posición de ambas celdas se ajusta con independencia una de otra. Los prismas de inmersión son cilíndricos, en vez de la usual geometría hexagonal, para disponer de deflexión de la radiación visible lateral y su soporte era suficientemente bajo para permitir al analista

trabajar sentado. Así pues, nos hallamos ante un instrumento de medidas externas moderadas, que en su día se conoció con el nombre de “colorímetro biológico”, dada la naturaleza aplicativa de las determinaciones que con él se levaban a cabo. Vemos su prisma compuesto superpuesto, seguramente para aballar en el ocular la línea de división de los dos campos. Los prismas de inmersión son prismas hexagonales de cristal óptico transparente, la mejor opción para garantizar una óptima transmisión de la luz. Las celdas, con soportes metálicos, poseen topes planos paralelos, desmontables para su limpieza. En la celda derecha seguramente se ubicaba la muestra a analizar, mientras que en la izquierda se disponía la referencia. Este modelo es anterior a la sugerencia hecha por Newcomer de insertar vidrios coloreados sobre el prisma de referencia, con lo cual el colorímetro podría habilitarse como un excelente hemoglobinómetro.



**Figura 303. Colorímetro de Duboscq [MFH 7564].**

Colorímetro de Duboscq o hemoglobínómetro de Bürker [MFH 7565] (figura 304). Foto número: 224. Posee escalas de medida, en el nonio metálico de la zona izquierda de visualización. Este aparato, modelo “*hemoglobioneter nach Bürker*”, fue fabricado por la casa *Ernst Leitz (actualmente Leica)*, en la ciudad de Wetzlar, Alemania. Exhibe el número de serie 207. Son sus medidas: 26,5 cm de altura, 12,2 cm de ancho y 15,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, cuarzo, vidrio. Su estado de conservación es muy bueno y aún funciona. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. Este colorímetro [MFH 7565], hermano gemelo del anterior [MFH 4071], también rotulado como “Hemoglobínómetro de Burker”, difiere de él en el nonio metálico, que proporcionaba, y aún proporciona, la medida de inmersión del prisma de vidrio sobre la cubeta izquierda, lo cual nos indica la estacionariedad del prisma derecho. Sus materiales de construcción son los usuales en este tipo de aparatos: metal en la carcasa, soporte y ocular y vidrio en las cubetas de muestra y referencia, prismas de inmersión y prismas superiores opuestos, antiscio constitutivo del rombo de Albrecht-Hufner. Su estado de conservación es muy bueno y funciona perfectamente. A mediados del siglo XX, este modelo de colorímetro Duboscq se denominó indistintamente “*colorímetro-hemoglobínómetro Burker o de Burker*” o “*colorímetro Duboscq sencillo*”. Es el “colorímetro-hemoglobínómetro de Bürker”, un colorímetro clásico, inspirado en el principio de compensación, donde la simetría de ambos brazos es perfecta, recorriendo la luz idénticos espesores. Destinado a la determinación de hemoglobina, el instrumento se basó en el diseño inicial del colorímetro Duboscq, modelo de posteriores y diversos tipos de colorímetros, algunos aún asequibles a comienzos de la segunda mitad del siglo pasado. Las varillas de inmersión en este aparato se hallan fijadas en el mismo soporte y son sumergidas simultáneamente hasta un mismo nivel, tanto en el líquido de referencia como en la muestra. Las dos pequeñas cubetas superiores estaban destinadas a contener las soluciones de compensación y eran de espesor fijo.



**Figura 304. Colorímetro de Duboscq o hemoglobinómetro de Bürker [MFH 7565].**

Colorímetro de Duboscq de dos pisos<sup>276</sup> o hemoglobinómetro de Bürker [MFH 7566] (figura 307). Foto número: 278. Este aparato, modelo “*hemoglobinometer nach Bürker*”, fue fabricado por la casa *Ernst Leitz (actualmente Leica)*, en la ciudad de Wetzlar, Alemania. Exhibe el número de serie 1427 y fue distribuido por Casa *Álvarez, Material Científico, calle Mayor 75*. Madrid, España. Son sus medidas: 43,5 cm de altura, 14,8 cm de ancho y 16,6 cm de fondo. Respecto al estado de conservación de este instrumento, es muy bueno y podría funcionar, pues tiene todos los accesorios. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid. Se trata de un instrumento ostensiblemente más alto que los anteriores. La factoría *Ernst Leitz (actualmente Leica)*, produjo, además de los colorímetros Du-

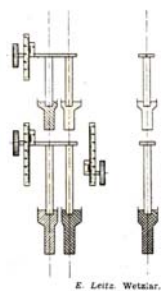
---

<sup>276</sup> La idea de “los dos pisos” pretendía, ingeniosamente, corregir automáticamente el efecto del fondo.

boscq clásicos (de un piso), otros hemoglobínómetros de dos pisos, como éste (figura 301), e incluso de tres pisos, andanas aplicables además de a medidas colorimétricas, a determinaciones hematométricas, pHmétricas y, además, se utilizó en ocasiones como nefelómetro, al acoplarle algunos de los accesorios especiales mostrados en la figura 303, donde podemos apreciar el esquema óptico de este “colorímetro Duboscq de dos pisos” o “hemoglobinómetro de Bürker”. Observando cómo en él, para compensar diferencias de matiz en la coloración entre referencia y muestra, se intercalaban los filtros mostrados en la foto, sobre soportes destinados a tal fin. Los diseños de dos y e incluso de tres pisos, hacían posible intercalar en las cubetas intermedias, de espesor fijo, disolventes puros y otras sustancias patrones o de referencia (figura 302). Su estado de conservación es muy bueno y puede funcionar, pues posee todos sus accesorios.



**Figura 305. Colorímetro Duboscq de dos pisos – Hemoglobinómetro de Bürker.**



**Figura 306. Esquema óptico del hemoglobinómetro de Bürker de dos pisos.**



**Figura 307. Colorímetro de Duboscq de dos pisos o hemoglobínómetro de Bürker [MFH 7566].**

Colorímetro fotoeléctrico [MFH sn] (figura 308). Foto número: 208. Posee escalas de medida, de densidad óptica 20 a 0, % transmitancia 0 a 11. Este aparato fue fabricado por la casa *Etco*, modelo 308-B y fue distribuido por *C.E.D.A.C.*, *Central Española de Aplicaciones Científicas* calle Málaga, número 11, teléfono 37143, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 18,0 cm de altura, 32,5 cm de ancho y 20,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, metal, vidrio, bornes cerámicos. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 308. Colorímetro fotoeléctrico [MFH sn].**

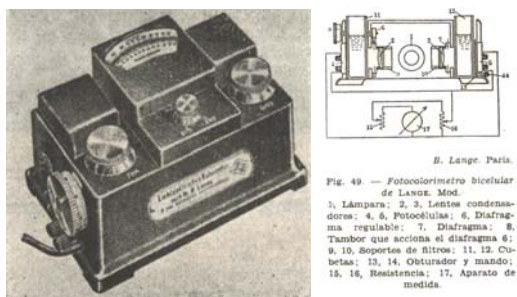
Colorímetro fotoeléctrico [MFH 4070] (figura 309). Foto número: 087. Posee escalas de medida, de densidad óptica de 20 a 0 (unidades relativas). Este aparato, modelo *photoelectric colorimeter*, fue fabricado por la casa *Etco*. Exhibe el número de serie 1769-160 y fue distribuido por la distribuidora exclusiva *C.E.D.A.C., Central Española de Aplicaciones Científicas*, calle Málaga, número 11, teléfono 37143, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 17,6 cm de altura, 32,6 cm de ancho y 20,9 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: carcasa de madera, metal, visores y óptica de vidrio. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 309. Colorímetro fotoeléctrico [MFH 4070].**

Fotocolorímetro universal [MFH sn] (figura 311). Foto número: 220. Posee escalas de medida, de 0 a 2 unidades de absorbancia y de 0 a 100 en tanto por ciento de transmitancia. Este aparato fue fabricado por la casa *Dr. B. Lange*, en la ciudad de Berlín, Alemania. Exhibe el número de serie 1955. Son sus medidas: 15,5 cm de altura, 25,1 cm de ancho y 15,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, vidrio en cubetas, visor y ventanas. Su estado de conservación precisa restauración y la tapa del fotodiodo derecho ha sido sustituida por un llavero “*Mercedes*”. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.





**Figura 310. Fotocolorímetro universal Lange y esquema del mismo.**



**Figura 311. Fotocolorímetro universal [MFH sn].**

Fotocolorímetro [MFH 3418] (figura 312). Foto número: 025. Posee escalas de medida, de 0 a 100A,  $R = 1,73$  Ohmios. Este aparato fue fabricado por la casa *Erdélés Szabo, Laboratorium Feaszereleser Transzedek és Prec. Giára*, en la ciudad de Budapest, Hungría. Son sus medidas: 23,5 cm de altura, 34,0 cm de ancho y 22,0 cm de fondo. Los mate-

riales con los que este instrumento se halla construido son: metal, vidrio en sus partes ópticas. Su estado de conservación es regular, pues los filtros giran y necesita pintura. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. Este fotocolorímetro fue donado al Museo por el Dr. Folch.



**Figura 312. Fotocolorímetro [MFH 3418].**

Fotocolorímetro Mernick [MFH sn] (figura 314). Foto número: 280. Posee escalas de medida, de extinción, de 2 a 0. Este aparato fue fabricado por la casa *Mernick*, en Málaga, España, actualmente ubicada en el Paseo Salvador Rueda, números 11-17<sup>277</sup>. Son sus medidas: 13,0 cm de altura, 19,0 cm de ancho y 25,0 cm de fondo. Los materiales con los

<sup>277</sup> La casa *Mernick* fabricó en el pasado fotocolorímetros (figura 309) y actualmente se dedica a la realización de piezas especiales de ferretería: piezas en ángulo, *blisters*, niveladores, “medias cañas”, reclamos y piezas a medida en general.

que este instrumento se halla construido son: metal, visor de cristal. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 313. Fotocolorímetro Mernick.**



**Figura 314. Fotocolorímetro Mernick [MFH sn].**

Fotocolorímetro Mernick [MFH sn] (figura 315). Foto número: 281. Posee escalas de medida, de extinción, de 2 a 0. Este aparato fue fabricado por la casa *Mernick*, en la ciudad de Málaga, España. Exhibe el número de serie 60771. Son sus medidas: 13,0 cm de altura, 19,0 cm de ancho y 25,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, visor de cristal. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 315. Fotocolorímetro Mernick [MFH sn].**

Monocromador<sup>278</sup> [MFH sn] (figura 316). Foto número: 155. Este aparato fue fabricado por la casa *Perkin Elmer* conjuntamente (en un negocio de tipo OEM) con la constructora *Corp. Stamford*, de Connecticut, Estados Unidos. Exhibe el número de serie 173. Son

<sup>278</sup> Palabra derivada del latín *monochromos* y éste del griego *mono*, uno, y *chromos*, color.

sus medidas: 42,0 cm de altura, 69,0 cm de ancho y 31,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, cuarzo y vidrio, y el instrumento se halla sobre un soporte de madera. Su estado de conservación es excelente. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales, en el despacho del Prof. Dr. Benito del Castillo. Este monocromador es una parte de un equipo instrumental óptico, precisamente con el fin de convertir en monocromáticas (de un solo color) las radiaciones policromáticas (de varios colores). Consta de tres partes: una rendija de entrada, un elemento dispersante y una rendija de salida. La rendija de entrada sirve para modular la cantidad e intensidad de la radiación policromática incidente. El elemento dispersante puede ser un prisma, una red de difracción por transmisión y, la mayoría de las veces, una red de difracción por reflexión. En este elemento se produce la difracción de la radiación policromática original, que se convierte en un abanico de radiaciones monocromáticas que se proyectan en ángulos sucesivos (dispersión angular del monocromador). Uno de los motivos por los que se prefieren los monocromadores de red de difracción de reflexión es el hecho de que su dispersión angular es constante: el ángulo entre las radiaciones ya dispersadas que difieren en una misma cantidad de nm, es siempre igual. Sin embargo, los monocromadores de prisma presentan dispersión angular progresiva no constante. El tercer y último elemento del monocromador es la rendija de salida. Cuanto menor es, más monocromática es la radiación final que proporciona el monocromador, pero también es menos potente, por lo que es preciso hallar un compromiso entre monocromaticidad y la intensidad. La mayoría de los espectrofotómetros UV-VIS (radiación ultravioleta-visible) poseen rendija fija de salida de 2 nm. Los equipos de investigación, más caros, disponen de rendijas variables, de 0,1 nm o menores. Los monocromadores responden a configuraciones geométricas que reciben los nombres de monocromador Bunsen, Cornu o Littrow. Los de red de difracción de reflexión se llaman montaje de Littrow (con una lente), de Ebert (con un espejo), de Czerny-Turner (con dos espejos) y círculo de Rowland (una red cóncava).



**Figura 316. Monocromador [MFH sn].**

Tubos de absorción [MFH sn] (figura 317). Foto número: 189. Los datos de los cuatro tubos son, sucesivamente, los que vemos a continuación:

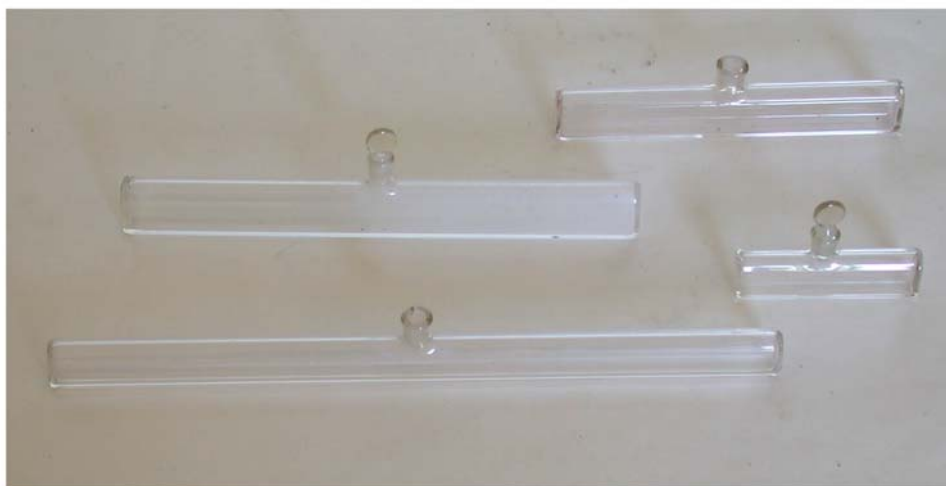
Medidas: 2,2 cm de altura, 5,2 cm de ancho y 0,6 cm de fondo; los materiales, de vidrio y su estado de conservación es bueno, aunque faltan los tapones.

Medidas: 2,5 cm de altura, 10,3 cm de ancho y 0,8 cm de fondo, está construido en vidrio y su estado de conservación es bueno, aunque faltan los tapones.

Medidas: 3,5 cm de altura, 14,8 cm de ancho y 0,8 cm de fondo, está construido en vidrio y su estado de conservación es bueno, aunque necesita limpieza.

Medidas: 3,4 cm de altura, 20,0 cm de ancho y 0,8 cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. Su estado de conservación es bueno, necesita limpieza.

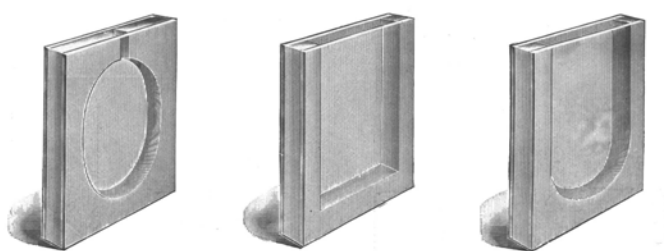
En el momento de la foto, se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



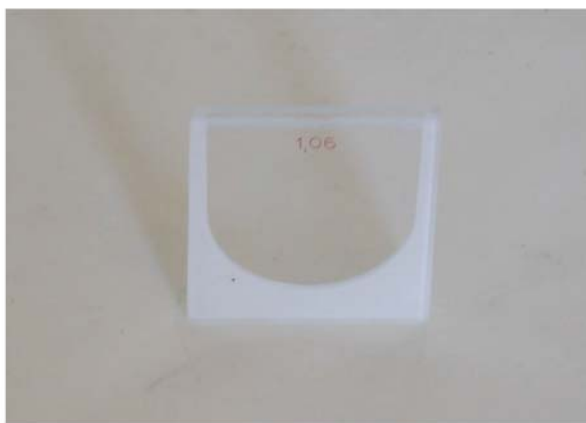
**Figura 317. Tubos de absorción [MFH sn].**

Tubos o cubetas de absorción (etiquetadas “tubos de Roux” en la exposición situada en el pasillo de entrada de la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid) [MFH sn] (figura 319). Foto número: 190, donde se muestra sólo una de estas tres cubetas o tubos. El primero de los tubos, de 1,06cm de paso óptico, posee como medidas: 4,5 cm de altura, 3,9 cm de ancho y 0,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio o cuarzo. Su estado de conservación es muy bueno. Respecto al segundo tubo, de 10,01 cm de paso óptico. Son sus medidas: 4,5 cm de altura, 3,9 cm de ancho y 1,4 cm de fondo. Los materiales con

los que este instrumento se halla construido son: vidrio o cuarzo. El tercer tubo posee una indicación de 29,87 cm como paso óptico. Son sus medidas: 4,5 cm de altura, 3,9 cm de ancho y 3,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio o cuarzo. En el momento de la foto, los tres tubos se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 318. Tubos o cubetas de absorción.**



**Figura 319. Tubos o cubetas de absorción [MFH sn].**



Dos cubetas de absorción [MFH sn] (figura 321). Foto número: 193. Son las medidas de la cubeta izquierda, 2,9 cm de altura, 3,3 cm de ancho y 2,3 cm de fondo; sus materiales de construcción, vidrio y su estado de conservación es muy bueno. En cuanto a la cubeta derecha [MFH sn]. Es esmeril en sus laterales, con 2,996 cm de paso óptico y tapa esmeril; son sus medidas: 3,0 cm de altura, 3,4 cm de ancho y 2,2 cm de fondo; el material con que se halla construido es vidrio, esmeril en los laterales. El estado de conservación de ambas cubetas es muy bueno. En el momento de la foto, las dos se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.

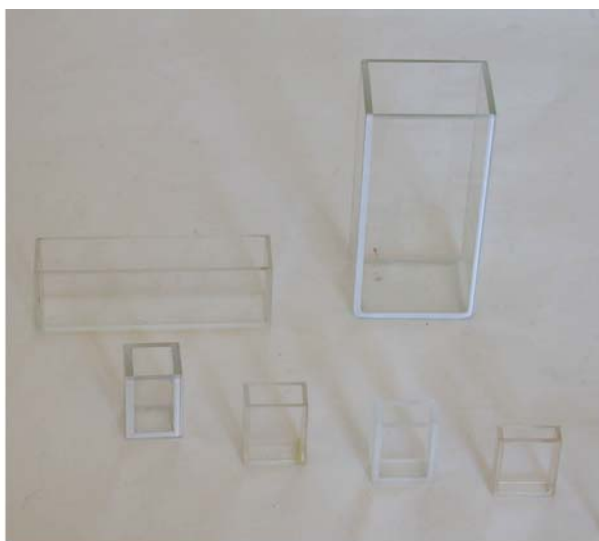


**Figura 320. Cubetas de absorción.**



**Figura 321. Dos cubetas de absorción [MFH sn].**

Tres pares <sup>279</sup> de cubetas de espectrofotómetro [MFH sn] (figura 322). Foto número: 196. Cada cubeta del primer par (abajo y a la derecha de la foto) mide 2,7 cm de altura, 2,2 cm de ancho y 0,4 cm de fondo, está construida con vidrio o cuarzo, de tipo esmeril en los lados y su estado de conservación es deficiente, pues una de las cubetas está rota y la otra bien. Cada cubeta del segundo par (abajo y a la izquierda de la foto) mide 2,7 cm de altura, 2,2 cm de ancho y 0,7 cm de fondo, está construida en vidrio o cuarzo, de tipo esmeril en los lados y su estado de conservación de las dos es bueno. Cada cubeta del tercer par (atrás de la foto) mide 2,7 cm de altura, 2,2 cm de ancho y 1,4 cm de fondo, está construida en vidrio o cuarzo, de tipo esmeril en los lados y Su estado de conservación de las dos es bueno. En el momento de la foto, los tres pares se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 322. Tres pares de cubetas de absorción [MFH sn].**

---

<sup>279</sup> Es importante remarcar que se trata de “pares” de cubetas, pues, en los espectrofotómetros de doble haz, para que la compensación de la cubeta de referencia sea perfecta, es preciso que la cubeta que la alberga sea exactamente igual que la que contiene la muestra a determinar

Fotocolorímetro médico [MFH sn] (figura 323). Foto número: 282. Corresponde al modelo *Medico Kolorimeter modell IV, skalen hämoglobin-bilirrubin* y posee como escalas de medida: absorbancia de 0 a 100; extinción, de 0 a 2; mg% de bilirrubina, de 0 a 10; gr% de hemoglobina, de 0 a 30; % de hemoglobina, de 0 a 200. Tiene dos mandos de ajuste, uno para el ajuste grueso y otro para el ajuste fino. Este aparato fue fabricado por la casa *Dr. B. Lange*, en la ciudad de Berlín, Alemania. Exhibe el número de serie 139, 4V. Son sus medidas: 16,0 cm de altura, 21,5 cm de ancho y 33,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: filtro 560 nm, escalas (ver), accesorios de los soportes de los tubos. Tubos de vidrio de 5 cc (cinco), 1 cc (dos). Su estado de conservación denota haber sido bastante usado, aunque no está oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 323. Fotocolorímetro médico [MFH sn].**

Banco óptico para docencia [MFH sn] (figura 324). Foto número: 286. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: base de madera, componentes electrónicos. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 324. Banco óptico para docencia [MFH sn].**

Soporte de cubetas para aparato óptico [MFH 3816] (figura 325). Foto número: 374. Este aparato fue fabricado por la casa *Ernst Leitz (actualmente Leica)*, en Wetzlar, Alemania. Son sus medidas: 20,0 cm de altura, 13,3 cm de ancho y 6,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con la óptica de vidrio. Su estado de conservación es excelente. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 325. Soporte de cubetas para aparato óptico [MFH 3816].**

Tenemos en la colección dos irrepetibles ejemplares de fotómetro de llama. Esta técnica instrumental de análisis químico se basa en la emisión que los átomos de ciertos metales producen tras ser excitados por el calor de una llama, emitiendo cada elemento en la llama una radiación de longitud de onda característica y con una intensidad que depende de su concentración. La llama evapora el disolvente donde está disuelto el metal y forma una nube de gas atómico, que se excita, y cuya emisión es recogida por un detector. Dado que la llama es poco energética, sólo excita metales alcalinos, alcalinotérreos y algunos de transición, pero la técnica tiene la ventaja de ser barata, sencilla y de rutina. En suma, los “fotómetros de llama” (figura 326) permiten la determinación de trazas de iones metálicos en disolución, gracias a las características líneas de emisión producidas por estos átomos al ser calentados a

altas temperaturas. El método puede ser empleado para la detección de sustancias metálicas como sodio, potasio, calcio, rubidio, cesio, etc., aunque resulta poco útil para sustancias no metálicas. Esta técnica ya era conocida y utilizada desde el siglo XIX por autores como Alexander Mitscherlich (1836-1918)<sup>280</sup>, que mostraron sus interesantes aplicaciones en el análisis, pero el desarrollo de los fotómetros de llama no se produjo hasta el siglo xx. Estos aparatos consisten en un mechero que permite obtener las altas temperaturas deseadas y un detector de la radiación emitida por la muestra, que consiste generalmente en una célula fotoeléctrica o fotodiodo. En general, el método requiere una calibración previa del instrumento mediante disoluciones patrón de concentración conocida



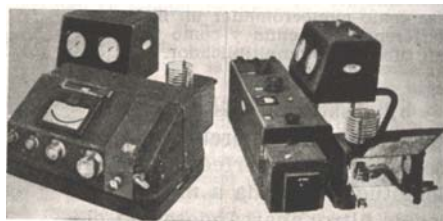
**Figura 326. Fotómetro de llama Coleman.**

Fotómetro de llama [MFH sn] (figura 328). Foto número: 285. Posee una escala de medida, de galvanómetro tipo espejo. Este aparato fue fabricado por la casa *Corning EEL Scientific Instruments, Evans ElectroSelenium Ltd*, en la ciudad de Halstead, Essex, Inglaterra, patente 712700, registro D865150. Exhibe el número de serie 5071. Uno de los primeros fotómetros de llama comerciales fue introducido a finales de los años cuarenta del siglo xx por esta compañía *Evans ElectroSelenium (EEL)*, que lo comercializó entre los años cincuenta y setenta.. Son sus medidas: 33,5 cm de altura, 20,0 cm de ancho y 39,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, visor de vidrio, espejo indicador. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de

---

<sup>280</sup> TEYLER MUSEUM (HAARLEM): *Physical cabinet. The practice of science in the nineteenth century*. Haarlem: Teyler Museum, 1996 (Op. Cit.).

Farmacia de Madrid. Este fotómetro de llama fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4229975.



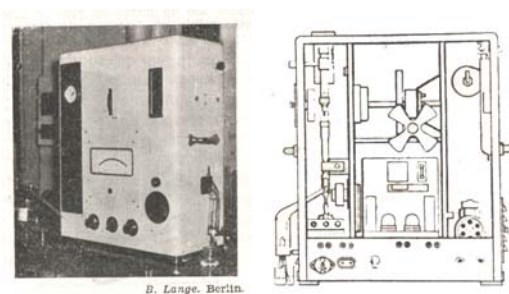
**Figura 327. Fotómetros de llama Beckman.**



**Figura 328. Fotómetro de llama [MFH sn].**

Fotómetro de llama de Lange [MFH sn] (figura 330). Foto número: 102. Posee escalas de medida, de 0 a 100 (unidades relativas). Este aparato responde al modelo *Flamell photometer 5* y fue fabricado por la casa *Dr. B. Lange*, en la ciudad de Berlín, Alemania. Son sus medidas: 63,0 cm de altura, 54,0 cm de ancho y 24,5 cm de fondo. Los materiales

con los que este instrumento se halla construido son: metal, vidrio en los visores. Su estado de conservación es bueno, no está oxidado, está limpio. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 329. Fotómetro de llama Lange.**



**Figura 330. Fotómetro de llama de Lange [MFH sn].**





## 13. TÉCNICAS DE RAYOS X

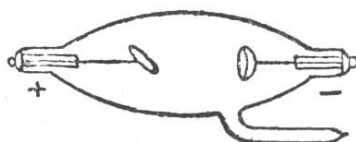
Los “rayos X”, radiación electromagnética penetrante de longitud de onda menor que la radiación visible y producida bombardeando un blanco (generalmente de wolframio) con electrones de alta velocidad, fueron descubiertos de forma accidental en 1895 por el físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen mientras estudiaba los rayos catódicos en un tubo de descarga gaseosa de alto voltaje<sup>281</sup>. Wilhelm Conrad Röntgen, de 50 años, rector de la Universidad de Würzburg era, a fines del año 1895, uno de los físicos dedicados a investigar el comportamiento de los rayos catódicos en un tubo de descarga gaseosa de alto voltaje. Para evitar la fluorescencia que se producía en las paredes de vidrio del tubo, había envuelto éste con una cubierta de cartón negro. Entre los objetos que estaban en su laboratorio figuraba una pequeña lámina impregnada con una solución de cristales de platino-cianuro de bario que era frecuentemente empleada por los investigadores, por la luminiscencia amarillo-verdosa que producía al ser tocada por la luz de los rayos catódicos. Röntgen, al conectar el carrete de Ruhmkorff al tubo, descubrió que se iluminaba el platino-cianuro de bario del cartón, una débil luminiscencia que seguía siendo visible incluso en el otro extremo del laboratorio, a casi dos metros del tubo envuelto en cartón negro. Röntgen era daltónico y no distinguía los colores de las insignias de sus alumnos en las fiestas de la Universidad, pero en esta ocasión distinguió claramente la luz verde emitida por el cartón, y, como investigador metódico que era, trató de averiguar la causa. Supuso que interponiendo un objeto entre la luz invisible y el cartón fluorescente que la reflejaba, debería verse su sombra. Tenía un mazo de cartas en el bolsillo; descubrió, para su sorpresa, que aún poniéndolo entero, apenas se producía una sombra. Un libro grueso de mil páginas sólo redujo levemente la luminiscencia del cartón con platino-cianuro de bario. De modo que esta nueva radiación no sólo era invisible, sino que además tenía la facultad de atravesar los cuerpos opacos. Como diría años después el propio Röntgen, aquél fue “un regalo maravilloso de la naturaleza”. Con el paso de los días Röntgen tuvo la necesidad de documentar sus experimentos y

---

281

pensó en fotografiar la pantalla fluorescente donde se reproducía en forma curiosa la silueta de los objetos interpuestos: el cuadrante y la aguja magnética de su brújula, el cañón de la escopeta arrinconada contra la pared, la moldura y los goznes de la puerta del laboratorio. Entonces hizo un nuevo descubrimiento: la caja de placas fotográficas que tenía sobre la mesa estaba completamente velada. Su intuición le dijo que los nuevos rayos habían atravesado la caja y el envoltorio que protegían a las placas de la luz y habían actuado también sobre la emulsión. Para comprobarlo colocó la caja de madera que contenía las pesas de bronce de su balanza de precisión sobre una placa fotográfica envuelta en su papel negro protector, conectó su tubo y esperó. Al revelarla, encontró la reproducción exacta de las pesas metálicas, sin ver rastro de la caja de madera. El descubrimiento más excitante se produjo cuando Röntgen interpuso su propia mano entre el tubo y la pantalla y comprobó que, si bien los tejidos blandos eran atravesados por la radiación, los huesos se veían con nitidez. El 22 de diciembre de 1895, pidió a su esposa Bertha que colocase la mano sobre la placa de cristal y, tras quince minutos de exposición, los huesos de la mano y el anillo de casada de Bertha aparecieron en la placa recién revelada. Röntgen había apuntado todas sus experiencias concienzudamente y entregó un manuscrito con sus investigaciones el 28 de diciembre de 1895 a la Academia de Ciencias Físicas y Médicas de Würzburg, siendo publicadas en el número 9 de la *Sitzungs Berichte der Physikalisch Medizinischen Gesellschaft zu Würzburg* la primera semana de 1896. En realidad, la trascendencia de los experimentos de Röntgen fue entonces impredecible; quienes trabajaban con tubos Geissler o Crookes, como su propio ayudante Zehnder, habían observado la luminiscencia de algunos materiales próximos al tubo, pero ninguno reconoció este fenómeno como algo especial y ninguno se dedicó a investigarlo. Curiosamente, algunos años antes, Geissler había reclamado a la casa de materiales fotográficos Ilford porque le habían mandado placas totalmente veladas. Los rayos X de su tubo habían sido con toda seguridad la causa de este fallo, pero solamente Röntgen tuvo la intuición suficiente para comprender que se hallaba ante un tipo de energía desconocida de características sorprendentes que nadie hubiera podido imaginar. Röntgen Un mantenía una afectuosa amistad y nutrida correspondencia con su antiguo discípulo Franz Exner, profesor de física de Viena, quien fue uno de los primeros en tener noticias del descubrimiento, incluso copias de las precarias fotografías de la brújula.

la, las pesas de bronce, el cañón de la escopeta e incluso la mano de Bertha. Exner estaba tan entusiasmado con el descubrimiento de su amigo, que no dudó en compartirlo con el profesor Lecher, de Praga, cuyo padre era el redactor en jefe del periódico de Viena *Die Presse* y el 5 de enero de 1896, los vieneses leyeron en la primera página del diario la noticia de los extraordinarios rayos X del Dr. Röntgen y contemplar la reproducción de sus imágenes, noticia que se difundió rápidamente, acogida con alabanzas y entusiasmo por algunos y con críticas y escepticismo por otros. En 1901, Röntgen, recibió el Premio Nobel de Física, como único nominado. Sólo dos meses después, Henri Becquerel comunicó que había encontrado unos rayos penetrantes similares, pero emitidos por sales de uranio. Becquerel, profesor del Museo de Historia Natural, publicó tres notas sucesivas en la Academia de Ciencias de París, el 24 de febrero, el 2 y el 9 de marzo de 1896, donde se preguntaba si los cristales de uranio que impresionaban sus placas fotográficas no emitirían también rayos X y anunciaba el descubrimiento de la radioactividad, hecho que, a diferencia del de los rayos X, pasó totalmente desapercibido, hasta que dos años después, cuando los Curie descubrieron el radio, se difundió el interés por el tema. Henri Becquerel compartió con Pierre y Marie Curie el premio Nobel de Física en 1903.



**Figura 331. Tubo de rayos X.**

Röntgen determinó que la radiación de sus experimentos era más penetrante que la ultravioleta y la llamó “rayos X”, por su naturaleza desconocida. Posteriormente, los rayos X fueron también denominados rayos Röntgen en su honor. Los rayos X poseen longitudes de onda desde unos 10 nm hasta 0,001 nm. Cuanto menor es ésta, mayor es la energía y poder de penetración de los rayos X. De ellos, los de mayor longitud de onda, cercanos a la banda ultravioleta del espectro electromagnético, se conocen como “rayos X blandos”; los

de menor longitud de onda, más próximos a la zona de rayos gamma o que incluso se solapan con ésta, se denominan “rayos X duros”. Los rayos X formados por una mezcla de muchas longitudes de onda diferentes se conocen como “rayos X blancos”, para diferenciarlos de los rayos X monocromáticos, que tienen una única longitud de onda. Los rayos X se producen siempre que se bombardea un objeto material con electrones de alta velocidad. Gran parte de la energía de los electrones se pierde en forma de calor; el resto produce rayos X al provocar cambios en los átomos del blanco como resultado del impacto. Los rayos X emitidos no pueden tener una energía mayor que la energía cinética de los electrones que los producen. La radiación emitida se compone de una amplia gama de longitudes de onda, con un marcado límite inferior que corresponde a la energía máxima de los electrones empleados para el bombardeo. Este espectro continuo se denomina a veces con el término alemán *bremsstrahlung*, que significa “radiación de frenado”, independiente de la naturaleza del blanco. Al analizar los rayos X emitidos con un espectrómetro de rayos X, se encuentran ciertas líneas definidas superpuestas sobre el espectro continuo, líneas conocidas como “rayos X característicos”, que dependen exclusivamente de la estructura de los átomos del blanco.

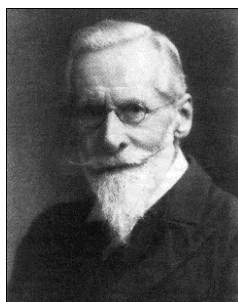
Los rayos X afectan a una emulsión fotográfica análogamente a como lo hace la luz en las fotografías. La absorción de rayos X por una sustancia depende de su densidad y masa atómica. Cuanto menor sea la masa atómica del material, más transparente será a los rayos X de una longitud de onda determinada. Cuando se irradia el cuerpo humano con rayos X, los huesos, compuestos de elementos con mayor masa atómica que los tejidos circundantes, absorben la radiación con más eficacia, por lo que producen sombras más oscuras sobre una placa fotográfica. En la actualidad se utiliza radiación de neutrones para algunos tipos de radiografía, y los resultados son casi los inversos: los objetos que producen sombras oscuras en una imagen de rayos X aparecen casi siempre claros en una radiografía de neutrones. Los rayos X también producen fluorescencia en determinados materiales, como el platinocianuro de bario o el sulfuro de cinc. Si se sustituye la película fotográfica por uno de estos materiales fluorescentes, puede observarse directamente la estructura interna de objetos opacos, técnica que se conoce como fluoroscopia. Otra característica importante de

los rayos X es su poder de ionización, que depende de su longitud de onda. La capacidad de ionización de los rayos X monocromáticos es directamente proporcional a su energía. Esta propiedad proporciona un método para medir la energía de los rayos X. Cuando se hacen pasar rayos X por una cámara de ionización se produce una corriente eléctrica proporcional a la energía del haz incidente. Además de la cámara de ionización, otros aparatos más sensibles como el contador Geiger o el contador de centelleo también miden la energía de los rayos X a partir de la ionización que provocan. Por otra parte, la capacidad ionizante de los rayos X hace que su trayectoria pueda visualizarse en una cámara de niebla o de burbujas. Los rayos X pueden difractarse al atravesar un cristal o ser dispersados por él, ya que el cristal está formado por redes de átomos regulares que actúan como redes de difracción muy finas. Los diagramas de interferencia resultantes pueden fotografiarse y analizarse para determinar la longitud de onda de los rayos X incidentes o la distancia entre los átomos del cristal. Los rayos X también pueden difractarse mediante redes de difracción rayadas si su espaciado es aproximadamente igual a la longitud de onda de los rayos X.

En cuanto a la producción de rayos X, el primer tubo de rayos X fue el tubo de Crookes (figura 331), llamado así en honor a su inventor, el químico y físico británico William Crookes (figura 332); se trata de una ampolla de vidrio bajo vacío parcial con dos electrodos. Cuando una corriente eléctrica pasa por un tubo de Crookes, el gas residual que contiene se ioniza, y los iones positivos golpean el cátodo y expulsan electrones del mismo. Estos electrones, que forman un haz de rayos catódicos, bombardean las paredes de vidrio del tubo y producen rayos X. Estos tubos sólo generan rayos X blandos, de baja energía. Un primer perfeccionamiento del tubo de rayos X fue la introducción de un cátodo curvo para concentrar el haz de electrones sobre un blanco de metal pesado, llamado anticátodo o ánodo. Este tipo de tubos genera rayos más duros, con menor longitud de onda y mayor energía que los del tubo de Crookes original; sin embargo, su funcionamiento es errático porque la producción de rayos X depende de la presión del gas en el tubo.

Durante 18 años, los tubos de rayos X fueron muy similares al tubo original de Röntgen, aunque con algunas mejoras. El desarrollo del tubo del físico estadounidense

Coolidge, de alto vacío, que contenía un filamento calentado y un blanco, en 1913, fue la base de un manejo estable y reproducible de los equipos de rayos X. Durante e inmediatamente después de la Primera Guerra Mundial, las reglas iniciales de la radioprotección fueron establecidas por varias sociedades radiológicas nacionales, lideradas por Inglaterra.



**Figura 332. William Crookes (1832-1919).**

El estudio de los rayos X ha desempeñado un papel primordial en la física teórica, sobre todo en el desarrollo de la mecánica cuántica. Como herramienta de investigación, los rayos X han permitido confirmar experimentalmente las teorías cristalográficas. Utilizando métodos de difracción de rayos X es posible identificar las sustancias cristalinas y determinar su estructura. Casi todos los conocimientos actuales en este campo se han obtenido o verificado mediante análisis con rayos X. Los métodos de difracción de rayos X también pueden aplicarse a sustancias pulverizadas que, sin ser cristalinas, presentan alguna regularidad en su estructura molecular. Mediante estos métodos es posible identificar sustancias químicas y determinar el tamaño de partículas ultramicroscópicas. Los elementos químicos y sus isótopos pueden identificarse mediante espectroscopia de rayos X, que determina las longitudes de onda de sus espectros de líneas característicos. Varios elementos fueron descubiertos mediante el análisis de espectros de rayos X. Algunas aplicaciones recientes de los rayos X en investigación van tomando cada vez más importancia: la microrradiografía, por ejemplo, produce imágenes de alta resolución que pueden ampliarse considerablemente. Dos radiografías pueden combinarse en un proyector para producir una imagen tridimensional llamada estereorradiograma. La radiografía en color también se emplea para mejorar

el detalle; en este proceso, las diferencias en la absorción de rayos X por una muestra se representan como colores distintos. La microsonda de electrones, que utiliza un haz de electrones muy preciso para generar rayos X sobre una muestra en una superficie de sólo una micra cuadrada, proporciona también una información muy detallada.

Además de las aplicaciones de los rayos X para la investigación en física, química, mineralogía, metalurgia y biología, los rayos X también se emplean en la industria como herramienta de investigación y para realizar numerosos procesos de prueba. Son muy útiles para examinar objetos, por ejemplo piezas metálicas, sin destruirlos. Las imágenes de rayos X en placas fotográficas muestran la existencia de fallos, pero la desventaja de este sistema es que el equipo de rayos X de alta potencia que se necesita es voluminoso y caro. Por ello, en algunos casos se emplean radioisótopos que emiten rayos gamma de alta penetración en vez de equipos de rayos X. Estas fuentes de isótopos pueden albergarse en contenedores relativamente ligeros, compactos y blindados. Para la radiografía industrial se suelen utilizar el cobalto 60 y el cesio 137. En algunas aplicaciones médicas e industriales se ha empleado tulio 70 en proyectores isotópicos pequeños y cómodos de usar. Muchos productos industriales se inspeccionan de forma rutinaria mediante rayos X, para que las unidades defectuosas puedan eliminarse en el lugar de producción. Existen además otras aplicaciones de los rayos X, entre las que figuran la identificación de gemas falsas o la detección de mercancías de contrabando en las aduanas; también se utilizan en los aeropuertos para detectar objetos peligrosos en los equipajes. Los rayos X ultrablandos se emplean para determinar la autenticidad de obras de arte y para restaurar cuadros.

Las fotografías de rayos X o radiografías y la fluoroscopia se emplean mucho en medicina como herramientas de diagnóstico. Los rayos X fueron recibidos sin ningún tipo de desconfianza y utilizados sin restricciones de forma circunfusa, difusión que provocó que las lesiones causadas por ellos se percibieran y reportaran casi desde el comienzo. Pero los investigadores no estaban muy seguros de cuál era la causa de los incidentes cutáneos observados, que ellos llamaban “golpes de sol o insolaciones eléctricas”. Hay que considerar que también hubo víctimas de la alta tensión aplicada, como el Dr. François Jaugeas, Je-



fe del Laboratorio de Radiología del Hospital de París, electrocutado en 1919 en el transcurso de un examen radioscópico. Evidentemente, existe una cierta opinión de los peligros de los rayos X si irradian de forma continua el organismo; enseguida surgió el concepto de “radioprotección”<sup>282, 283, 284, 285, 286</sup>. En la radioterapia se emplean rayos X para tratar deter-

---

<sup>282</sup> Ya entre 1895 y 1915 se reconoció el peligro de las radiaciones y se desarrollaron las primeras medidas de protección. Posteriormente, en lo que se llamó “la Edad de Oro de la Radiología” (1915-1940), además de grandes progresos en la aplicación médica de los rayos X y de la radioactividad, se establecieron unidades de medición y esfuerzos organizados en radioprotección. Posteriormente, entre 1940-1960, la radioprotección desarrolló las bases científicas y técnicas de la protección moderna, lo cual condujo al nacimiento de la Radiofísica Sanitaria como profesión. Desde 1960, existe regulación de la utilización de los rayos X. Han aumentado la complejidad de las aplicaciones médicas de los rayos X e isótopos radioactivos, al tiempo que se han desarrollado nuevas modalidades diagnósticas que evitan el uso de radiaciones ionizantes.

<sup>283</sup> En todos los países la noción del peligro de los rayos X comenzó a esparcirse, exagerada por algunos y minimizada por otros, según su experiencia. E. A. Codman pensó que no había riesgos en la práctica con los rayos X hasta que el desgraciado caso de un médico de Connecticut, el Dr. Weldon, lo hizo cambiar de opinión. Este médico, en el año 1899, había expuesto su cadera durante 45 minutos con el tubo de Crookes a cinco pulgadas de la ingle, a raíz de lo cual le apareció una quemadura retráctil. Intentó un proceso contra la compañía *Otis Clapp & Sons* de Boston, que garantizaba su aparato “contra todo peligro de quemaduras”: la demandó por 20.000 dólares, pero sólo obtuvo 5.750. Rendido ante la evidencia, Codman reportó en 1902 doscientos casos de quemaduras por rayos X.

<sup>284</sup> En 1903 fue descrita la detención del crecimiento óseo debido a los rayos X, en 1904, las modificaciones hematológicas en el conejo y otros animales. En el 32º Congreso Alemán de Medicina en 1904 Kummel reportó el primer caso de cáncer desarrollado sobre una cicatriz de radiodermatitis. Las radiodermitis crónicas se cancerizan con frecuencia entrañando sucesivas amputaciones, y constituyen la causa de muerte de numerosas víctimas de la radiología. Poco a poco apareció la noción de que los efectos profundos de los rayos X eran probablemente más graves que los daños cutáneos, y el peligro de las radiaciones más importante que lo que se había supuesto al principio. Aparecieron entonces los accidentes ligados a deficiencias en la protección, a veces por ignorancia, que pusieron en peligro la vida de algunos radiólogos: por ejemplo, el reemplazo del vidrio plomado de la pantalla de radioscopia por un vidrio común efectuado clandestinamente por la doméstica que lo había roto: el radiólogo se enteró tardíamente por las alteraciones en su recuento sanguíneo; o el caso del Dr. Maingot, quien sufrió una radiodermatitis del pie a causa de una fisura que había pasado desapercibida en la cúpula de vidrio plomado de la ampolla de su mesa de examen.

<sup>285</sup> Antoine Bèclère, entre otras acciones, hizo campaña por la radioprotección: bajo el título “Medios de protección de los médicos y de los pacientes contra la acción nociva de las nuevas radiaciones: rayos de Roentgen y de radio” publicado en 1904, él preconizó múltiples reglas para adoptar. En el curso de sus viajes por el extranjero, particularmente en Alemania y en Austria, se informó sobre los resultados clínicos y experimentales de la acción biológica de los rayos, en el laboratorio de Albers-Schönberg en Hamburgo, se quedó particularmente impactado por las precauciones impuestas a los que utilizaban rayos X: el operador se encerraba en una cabina inamovible revestida de plomo, desde el interior miraba a través de un vidrio plomado al sujeto expuesto; para efectuar una radioscopia, una mampara doble de plomo protegía al médico desde las axilas hasta los pies, además éste se vestía con un delantal protector, guantes recubiertos con nitrato de bismuto y anteojos adecuados. Las fotografías de los radiólogos alemanes, publicadas por los periódicos de la época, los representaban ataviados con verdaderas escafandras. En 1905 Helber y Linser en Estados Unidos demostraron la gran sensibilidad de los linfocitos a las radiaciones. En 1906, C. Regaud y J. Blanc ponen en evidencia las variaciones en la radiosensibilidad según los momentos de la vida celular, el efecto esterilizante de las radiaciones débiles y prolongadas y la posibilidad de reparación espontánea a partir de las células generatrices respetadas. Trabajos similares fueron realizados por L. Halberstaedter sobre el ovario, y por Bergonié, Tribondeau y Récamier sobre las células germinales. De este mismo período son los trabajos de G. Bohn, asistente de zoología de la Facultad de Ciencias de París, quien expuso ranas y erizos de mar a los rayos de radio apor-

minadas enfermedades, en particular el cáncer, exponiendo los tumores a la radiación. La utilidad de las radiografías para el diagnóstico se debe a la capacidad de penetración de los rayos X. A los pocos años de su descubrimiento ya se empleaban para localizar cuerpos extraños, insólitos, como por ejemplo balas, en el interior del cuerpo humano. Con la mejora de las técnicas de rayos X, las radiografías revelaron minúsculas diferencias en los tejidos, y muchas enfermedades pudieron diagnosticarse con este método. Los rayos X eran el método más importante para diagnosticar la tuberculosis cuando esta enfermedad estaba muy extendida. Las imágenes de los pulmones eran fáciles de interpretar porque los espacios con aire son más transparentes a los rayos X que los tejidos pulmonares. Otras cavidades del cuerpo pueden llenarse artificialmente con materiales de contraste, de forma que un órgano determinado se vea con mayor claridad. El sulfato de bario, muy opaco a los rayos X, se utiliza para la radiografía del aparato digestivo. Para examinar los riñones o la vesícula biliar se administran determinados compuestos opacos por vía oral o intravenosa. Estos compuestos pueden tener efectos secundarios graves, por lo que sólo deben ser empleados des-

---

tados por Pierre Curie, en el anexo de la Facultad de Ciencias de la calle Cuvier. Bohn constató que aunque la apariencia del huevo no se modificaba “es suficiente que las radiaciones del radio atraviesen el cuerpo del animal durante algunas horas, para que los tejidos adquieran propiedades nuevas, las que podrán permanecer en estado latente durante largos períodos, para manifestarse de golpe en el momento en que la actividad de los tejidos aumenta... Los tejidos que crecen y se modifican más activamente son los más radiosensibles”. Así demostró que las radiolesiones, susceptibles de permanecer largo tiempo latentes, son indelebles y tienden a la supresión o perturbación de la autorreproducción, o a producir taras hereditarias, saltando a veces varias generaciones. Bergonié y Tribondeau concretaron sus estudios sobre la radiosensibilidad de las células de la línea seminal durante 1906, y anunciaron la célebre ley a la que sus nombres quedarían ligados: “Los rayos X actúan con mayor intensidad sobre las células cuando su actividad reproductora es más grande, cuando su evolución cariocinética es más larga o cuando su morfología y sus funciones están menos definitivamente fijadas.”

<sup>286</sup> Adoptada como base de la radiopatología y la radioterapia es todavía aceptada en forma unánime en estas especialidades, aunque se han encontrado algunas excepciones. En el mismo año, Warthil expone las modificaciones ocurridas en la médula ósea. Por otra parte, la comunicación a la *Royal Society of Medicine de Inglaterra* de John Hall-Edwards, el 20 de noviembre de 1908, quien, víctima de graves lesiones producidas por las radiaciones, presentó la observación de su propio caso: osteítis, necrosis y cáncer hicieron necesaria la amputación de sus dos manos, y él envió las fotos y radiografías de antes y después de la amputación; sin duda esta publicación aceleró la creación de una Comisión, la primera en su género, destinada a encontrar mejores métodos de protección contra las radiaciones. La publicación en 1914 por Gavazzeni y Minelli de sus descubrimientos en la autopsia de un radiólogo italiano, el Dr. Emilio Tiraboschi, causó gran impresión, publicando los resultados en *Radiología Médica*, órgano de la Sociedad Italiana de Radiología, en Febrero de 1914. Tiraboschi, radiólogo del Hospital de Bérgamo durante 14 años, utilizó un potente tubo sin tomar ninguna clase de precauciones. Siguió trabajando a pesar de una radiodermatitis de las manos y la cara, una anemia creciente y repetidas hemorragias. Su autopsia, que mostró lesiones en el bazo, en la médula ósea y en los testículos, hizo estremecer a los radiólogos de todo el mundo.

pués de una consulta cuidadosa. De hecho, el uso rutinario de los rayos X se ha desaconsejado en los últimos años, ya que su utilidad es cuestionable.

Tubo de rayos catódicos o radiómetro eléctrico [MFH 4330] (figura 334). Foto número: 315. Este aparato fue fabricado por la casa *J.Duluj*, ya en el siglo S. XX y fue distribuido por la casa *M. Álvarez, material científico*, sita en la calle Mayor, número 76 Madrid, teléfono número (el cual ayudará a ubicar la fecha de venta del instrumento) 12050. Son sus medidas: 26,5 cm de altura, 15,2 cm de ancho y 7,7 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: base de madera, vidrio, conectores de platino. Su estado de conservación es muy bueno, pues parecer haber sido muy poco utilizado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El Tubo de rayos catódicos fue inventado en 1879 por William Crookes<sup>287</sup> y, algo después, en 1897, Ferdinand Braun diseñó el

---

<sup>287</sup> Crookes nació el 17 junio de 1832. Se casó en 1856 con Ellen, hija de W. Humphrey de Darlington (que moriría en 1916); con ella tuvo cuatro hijos. Crookes murió en Londres el 4 de abril de 1919. Crookes estudió en el Royal College of Chemistry. Fue profesor de Química en el *Training College* de Chester, desde 1855. Entre sus investigaciones, hay que citar que Crookes descubrió las selenocianidas, el talio (como Nuevo elemento) en 1861, otros nuevos elementos, como el gadolinio y otros, a partir de 1886. Crookes halló asimismo la repulsión que ejerce una radiación, en 1873; el radiómetro, en 1875; la iluminación de las líneas aumentando la presión molecular, en 1878; la material radiante, en 1879, precedente del estado ultragaseoso; la espectroscopia de los materiales radiantes, en 1881; nuevas posibilidades de la electricidad, concretamente con la telegrafía in hilos, en 1892; la fijación del nitrógeno atmosférico, en 1898; el espintariscopio, en 1903; los accesorios protectores de las gafas, en 1913. Crookes fue propietario y editor de la revista *Chemical News*; Presidente de la Real Sociedad entre 1913 y 1915; Secretario para asuntos extranjeros de la citada Real Sociedad, de 1908 a 1912). Por sus logros científicos, Crookes recibió numerosos premios y galardones, de los cuales, sin duda es preciso mencionar que en el año 1907 fue galardonado con el Premio Nobel de Química. Fue presidente de diversas instituciones, como de la Sociedad Química, de la Asociación Británica, del Instituto de Electricidad e Ingeniería, de la Sociedad de Química Industrial; Crookes fue miembro honorario de la Real Sociedad de Filosofía de Glasgow, de la Real Sociedad, de la Sociedad de Farmacia, de la Sociedad de Metalurgia y de la Sociedad Minera de Sudáfrica, de la Sociedad de Química Americana, de la Sociedad de Filosofía Americana, de la Real Sociedad de Ciencias de Uppsala, de la Sociedad Alemana de Química de Berlin, de la Sociedad de Fisiología de Paris, de la Sociedad Científica Alzate de Méjico, de la Sociedad de Ciencias de Bucarest, de la Academia Regia de Zelanti; de la *Academia Lincei* de Roma. Crookes mantuvo intensa correspondencia oficial con las más importantes instituciones científicas de su época. Asistió a la Exhibición Internacional de 1862, donde fue distinguido con una medalla; le fue concedida la medalla de oro, con el correspondiente premio de 3000 francos, de la Academia de Ciencias francesa en 1880; en las exhibiciones sobre electricidad celebradas en Paris en 1881, también fue distinguido con una medalla; la Sociedad de las Artes le concedió en 1885 la Medalla de oro Fergusson; en la Exposición Universal de Paris de 1889, tuvo otra medalla; la Sociedad de las Artes, en 1899, le concedió la medalla de oro Albert; el Instituto Franklin de Filadelfia, en 1912, le otorgó la medalla de oro Elliott Cresson; la Sociedad de la Industria Química, en 1912, le

Tubo de rayos catódicos que aún hoy día se emplea en televisores y pantallas de ordenadores. La válvula electrónica se la debemos a Ambrose Fleming, el cual en 1904 construyó una válvula simple (adaptación de una bombilla eléctrica). Con el añadido de un electrodo (por Lee de Forest, en 1906) la válvula electrónica podía amplificar la señal y transmitir así la música y la palabra. El circuito impreso (patentado en 1943 por el ingeniero alemán Paul Eisler) es el antecedente del moderno *microchip* (inventado por el norteamericano Jack Kilby en 1959). Un Tubo de rayos catódicos es el dispositivo mediante el cual un osciloscopio muestra la señal. Todas sus entradas son eléctricas, mientras que su salida es una representación gráfica de la señal de entrada. Está constituido por el tubo al vacío, cañón electrónico, sistema de deflexión, sistema acelerador, postdeflexión, pantalla y graticula. El principio de funcionamiento de un Tubo de rayos catódicos se basa en el efecto termoiónico: la acción del calor hace que los electrones de la capa externa de los átomos de un conductor, puedan adquirir suficiente energía cinética que les permite escapar del metal. Por lo tanto, el metal queda cargado positivamente y atrae algunos de los electrones que habían salido.



**Figura 333. Tubo de Crookes.**

---

dio otra medalla de oro. Otras medallas fueron la medalla real, la medalla Davy, la medalla Copley. Crookes fue un fecundo escritor científico, publicando *Select Methods in Chemical Analysis*, libro del que se hicieron cuatro ediciones, la última de las cuales data de 1905; *Manufacture of Beetroot-Sugar in England*, de 1870; *Handbook of Dyeing and Calico-Printing*, de 1874; *Dyeing and Tissue Printing*, de 1882; coautor junto con Ernst Rohrig de la obra *Kerl's Treatise on Metallurgy*, de 1868; *Wagner's Chemical Technology*; *Auerbach's Anthracen and its Derivatives*, libro del que se hicieron dos ediciones, la última de 1890; *Ville's Artificial Manures*, libro del que se hicieron tres ediciones, la última de 1909; *A Solution of the Sewage Question*; *The Profitable Disposal of Sewage*; *The Wheat Problem*, de 1899; *Diamonds*, de 1909.

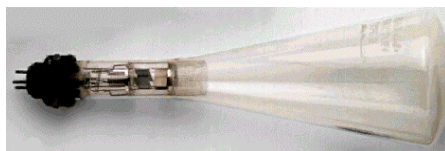


**Figura 334. Tubo de rayos catódicos o radiómetro eléctrico [MFH 4330].**

Existen en la colección dos lámparas Coolidge o tubos de rayos X, ambas sin catalogar. En 1913 el físico estadounidense William David Coolidge ideó el “tubo Coolidge”, que posee un vacío muy alto y contiene un filamento calentado y un blanco. Esencialmente, es un tubo de vacío termoiónico en el que el cátodo emite electrones al ser calentado por una corriente auxiliar, y no al ser golpeado por iones, como ocurría en los anteriores tipos de tubos. Los electrones emitidos por el cátodo calentado se aceleran mediante la aplicación de una alta tensión entre los dos electrodos del tubo. Al aumentar la tensión disminuye la longitud de onda mínima de la radiación. La mayoría de los tubos de rayos X que se emplean en la actualidad son tubos de Coolidge modificados. Los tubos más grandes y potentes tienen anticátodos refrigerados por agua para impedir que se fundan por el bombardeo

de electrones. El tubo antichoque, muy utilizado, es una modificación del tubo de Coolidge, con un mejor aislamiento de la carcasa (mediante aceite) y cables de alimentación conectados a tierra. Los aparatos como, por ejemplo, el betatrón, se emplean para producir rayos X de longitud de onda menor que la de los rayos gamma emitidos por elementos naturalmente radiactivos.

Tubo de rayos X tipo Coolidge [MFH sn] (figura 336). Foto número: 199. Posee escalas de medida, de  $R\ddot{o}$   $4,0 \times 10^{-10}$  r/o, Ga  $1,2 \times 10^{-6}$  r/o. Este aparato fue fabricado por la casa *Dr. Berthold*, en la ciudad de Wildbad, Alemania. Son sus medidas: 11,9 cm de altura, 2,4 cm de ancho y 2,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. En este tubo la aceleración de los electrones se produce por el campo eléctrico presente a lo largo del eje del propio tubo; el campo se produce por la diferencia de potencial entre el cátodo y los ánodos de preaceleración y aceleración y el valor de esta diferencia de potencial era de unos 2 kV.



**Figura 335. Tubo de rayos X contemporáneo.**



**Figura 336. Tubo de rayos X tipo Coolidge [MFH sn].**

Tubo Coolidge [MFH sn] (figura 337). Foto número: 207. Exhibe el número de serie 25293-32. Son sus medidas: 22,0 cm de altura, 7,7 cm de ancho y 7,7 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación indica que está gastado, y además, se encuentra roto. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 337. Tubo Coolidge [MFH sn].**

Aparato portátil de rayos X Sánchez<sup>288</sup> [MFH sn] (figura 338). Foto número: 216. Este aparato fue fabricado por la casa *Eléctrica Sánchez*, en Piedrabuena, provincia de Ciudad Real, España; sabemos que su construcción obedecía a una patente del año 1911 y que fue distribuido por la casa *Eléctrica Sánchez*, también en Piedrabuena, en la provincia de Ciudad Real, España. Son sus medidas: 34,5 cm de altura (altura la con caja abierta, 34,5 cm y con la caja cerrada, 20,0 cm; la caja es inseparable), 43,5 cm de ancho y 21,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, caja de madera inseparable. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se en-

---

<sup>288</sup> LABORATORIO ELÉCTRICO SÁNCHEZ: *Aparato portátil del Rayos X Sánchez y Alta Frecuencia*: patente de invención en todos los países. Construido por el laboratorio eléctrico Sánchez, Piedrabuena, España. Barcelona: Imprenta Elzeviriana, 1923.

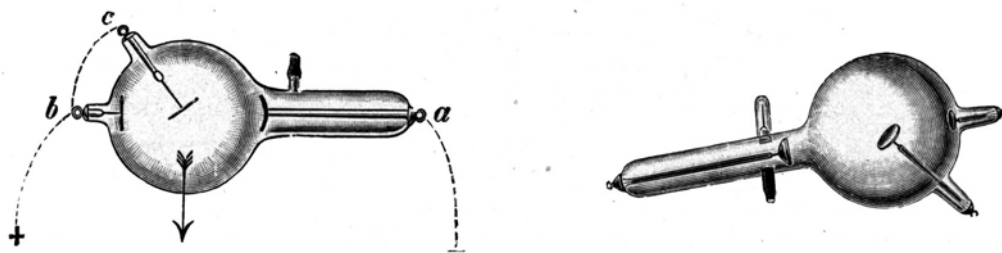


contraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 338. Aparato portátil de rayos X Sánchez [MFH sn].**

Tubo de rayos X [MFH sn] (figura 340). Foto número: 310. Este aparato fue fabricado por la casa *Laboratorio eléctrico de Rayos X Sánchez*, en Piedrabuena, provincia de Ciudad Real, España. Son sus medidas: 32,0 cm de altura, 18,5 cm de ancho y 13,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio, conectores de platino. Su estado de conservación denota que el instrumento fue bastante usado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, procedente de la cátedra de Técnicas Instrumentales.



**Figura 339. Tubo de rayos X o lámparas Röntgen.**



**Figura 340. Tubo de rayos X [MFH sn].**

Tubo de rayos X [MFH sn] (figura 342). Foto número: 312 y fue distribuido por la casa *M. Álvarez, material científico*, sita en la calle Mayor, número 76 Madrid, teléfono

número (el cual ayudará a ubicar la fecha de venta del instrumento) 12050. Son sus medidas: 16,1 cm de altura, 34,4 cm de ancho y 9,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: base de madera, vidrio, conectores de platino. Su estado de conservación es muy bueno, ha sido muy poco utilizado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, procedente de la cátedra de Técnicas Instrumentales.



**Figura 341. Lámparas de vacío para producir rayos X.**



**Figura 342. Tubo de rayos X [MFH sn].**

Tubo de Rayos X, modificado por Thompson [MFH sn] (figura 344). Foto número: 313 y fue distribuido por la casa *M. Álvarez, material científico*, sita en la calle Mayor, número 76 Madrid, teléfono número (el cual ayudará a ubicar la fecha de venta del instrumento) 12050. Son sus medidas: 47,2 cm de altura, 16,5 cm de ancho y 10,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: base de madera, vidrio, conectores de platino. Su estado de conservación es muy bueno, percibiéndose que fue muy poco utilizado, con sus conectores poco oxidados. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, procedente de la cátedra de Técnicas Instrumentales.



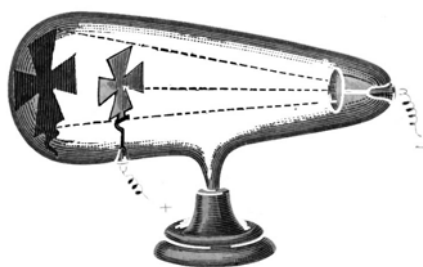
**Figura 343. Lámparas de vacío para producir rayos X.**



**Figura 344. Tubo de Rayos X, modificado por Thompson [MFH sn].**

Tubo de Crookes [MFH sn] (figura 346). Foto número: 314 y fue distribuido por la casa *M. Álvarez, material científico*, sita en la calle Mayor, número 76 Madrid, teléfono número (el cual ayudará a ubicar la fecha de venta del instrumento) 12050. Son sus medidas: 24,6 cm de altura, 20,8 cm de ancho y 12,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: base de madera, vidrio, conectores de platino. Su estado de conservación es muy bueno, muy poco utilizado, conectores poco oxidados. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, procedente de la cátedra de Técnicas Instrumentales. Queda para la historia que William Crookes (1832 - 1919), quien descubrió el talio, estudió los “rayos catódicos” y predijo la necesidad de nuevos fertilizantes nitrogenados, fue el autor de este instrumento, tubo que ya llevaría su nombre. En 1875

Crookes construyó el radiómetro, el cual se emplearía más adelante para evidenciar la teoría cinética de los gases. Inventó y diseñó el tubo electrónico con cátodo frío, conocido como “tubo de Crookes”. Demostró así mismo que los rayos catódicos se desplazan en línea recta y producen calor y fosforescencia al impactar en ciertos materiales.



**Figura 345. Tubo de Crookes.**



**Figura 346. Tubo de Crookes [MFH sn].**



## 14. MÉTODOS RADIOMÉTRICOS Y FENÓMENOS NUCLEARES

La radioquímica es aquella parte de la química que estudia la emisión de partículas atómicas o subatómicas. Los métodos radiométricos o radioquímicos estudian las emisiones de los núcleos atómicos inestables de partículas alfa, electrones (negatrones y positrones), neutrones, protones y rayos gamma. La intensidad de la emisión permite análisis cuantitativos, y la energía de las mismas, análisis cualitativos o de identificación. Existen tres métodos radioquímicos de análisis principales: por análisis directo, por activación y por dilución isotópica. Por análisis directo se analizan los radioisótopos o isótopos que emiten espontáneamente partículas o radiación. Por activación, si la muestra no es activa y no emite espontáneamente, se puede activar bombardeándola con partículas o radiaciones, que la transforman parcial y temporalmente en radioactiva, y luego se analiza. El bombardeo se suele hacer con neutrones, por lo que la técnica se denomina activación neutrónica. El análisis por dilución isotópica consiste en diluir la muestra con un isótopo radioactivo del elemento analizado; puesto que se conoce el factor de dilución, la intensidad de la emisión del isótopo adicionado permite calcular la cantidad del analito no radioactivo.

Contador de radiactividad [MFH 2774] (figura 347). Foto número: 320 y fue distribuido por la Casa *Dr. Torrecilla, farmacia y droguería*, Villanueva y Cantera, en la calle Barquillo, número 37, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 15,7 cm de altura, 18,0 cm de ancho y 14,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El instrumento procede del laboratorio de bioquímica de tiempos del Prof. Dr. José Rodríguez Carracido y fue donado por el Prof. Dr. Ángel San-



tos Ruiz, entonces catedrático de Bioquímica y decano de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 347. Contador de radiactividad [MFH 2774].**

Medidor radiométrico [MFH sn] (figura 348). Foto número: 229. Posee escalas de medida, de mr/h: 0 a 25; r/h: 0 a 1. Este aparato, modelo 40H, fue fabricado por la casa *F. H. Hellige & Co.* Exhibe el número de serie 4834. Son sus medidas: 4,7 cm de altura, 10,5 cm de ancho y 17,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, botones cerámicos, visor de vidrio y funda de cuero. Su estado de conservación es muy bueno, aunque ignoramos si funciona. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 348. Medidor radiométrico [MFH sn].**



## 15. INSTRUMENTOS DE CALENTAMIENTO Y DE TERMOSTATIZACIÓN; DETERMINACIÓN DE MAGNITUDES TÉRMICAS

Tenemos en la colección 26 mecheros de Bunsen, una bomba calorimétrica y 1 conjunto de dos picnómetros Jaulmes, instrumentos que a continuación analizamos.

Mecheros de Bunsen [MFH 3520] (figura 350). Foto número: 064. Los datos de sus medidas corresponden al más alto, del modelo “mechero Bunsen”<sup>289</sup>. Son sus medidas: 18,2 cm de altura, 8,5 cm de ancho y 7,4 cm de fondo. Los materiales con los que estos instrumentos se halla construido son metálicos. En el momento de la foto, se encontraban en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

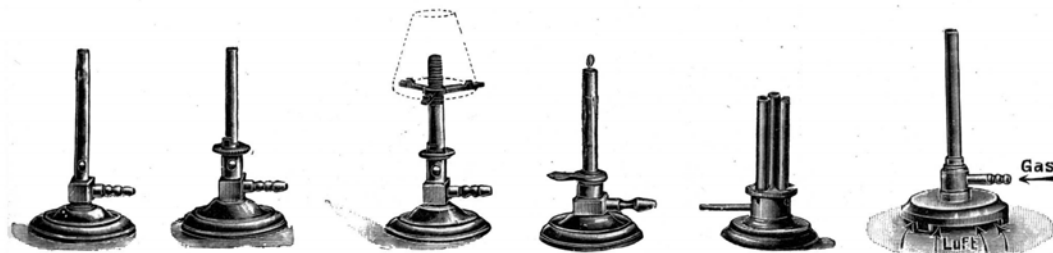


Figura 349. Mecheros de Bunsen.

<sup>289</sup> El mechero de laboratorio tipo Bunsen fue inventado por Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899) en 1855, químico y docente alemán, cuando, investigando cómo aislar sustancias químicas, vio que una llama de alta intensidad, no luminosa, no interfería con la emisión de las sustancias analizadas. Peter Desaga fue un mecánico de la Universidad de Heidelberg (donde trabajaba Bunsen), quien construyó el primer mechero Bunsen siguiendo las especificaciones dictadas por éste. Bunsen también inventó una bomba neumática, un fotómetro para medir la intensidad de la luz y la “batería Bunsen”, una batería química. Bunsen, junto a otro alemán, el físico Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) creó el espectroscopio llamado de Bunsen-Kirchhoff para realizar análisis espectrales de ciertos materiales, instrumento gracias al cual en 1859 descubrieron dos metales alcalinos, Rubidio y Cesio en 1860. Antes de este hecho, Bunsen había perdido un ojo mientras realizaba experimentos químicos y sufrió una fuerte explosión.



**Figura 350. Mecheros de Bunsen [MFH 3520].**



**Figura 351. Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899).**

Veinticuatro mecheros de Bunsen [MFH 3818] (figura 352). Foto número: 064bis. Sus medidas son diversas y los materiales con los que se hallan contruidos, son metálicos. Su estado de conservación es regular, pues están oxidados. En el momento de la foto, se

encontraban en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 352. Veinticuatro mecheros de Bunsen [MFH 3818].**

La calorimetría<sup>290</sup> es una técnica de análisis basada en la medida del calor desprendido o absorbido en un proceso químico, físico o biológico. La calorimetría estudia cualitativa y cuantitativamente las reacciones producidas al aplicar calor externo (endotérmicas) o que producen calor por sí mismas (exotérmicas). La calorimetría propiamente dicha consiste en aplicar calor a un material para determinar su resistencia al calor o a las altas temperaturas. De este modo se estudian, por ejemplo, explosivos y combustibles. Otras técnicas calorimétricas son el análisis termogravimétrico, en que se mide el peso de una muestra mien-

---

<sup>290</sup> del latín *calor*, calor, y *metro*, medida

tras se calienta; el análisis térmico diferencial, análogo, que determina la velocidad con que varía el peso de la muestra al ser calentada; la calorimetría de barrido diferencial, en que una muestra y una referencia se calientan a la vez y se determina qué energía ha de aplicarse a la muestra para que conserve la misma temperatura que la referencia; las valoraciones termométricas o variaciones de temperatura durante una valoración volumétrica, y la entalpimetría de inyección directa, que analiza el calor producido al inyectar un reactivo sobre una muestra.

Bomba calorimétrica [MFH sn] (figura 353). Foto número: 183. Son sus medidas: 17,0 cm de altura, 10,0 cm de ancho y 7,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, filtro de celulosa. Su estado de conservación es excelente. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 353. Bomba calorimétrica [MFH sn].**

Picnómetros de Jaulmes, con termómetro incluido (figura 354). Foto número: 261. En la foto, el de la derecha [MFH sn], posee medidas de 20,0 cm de altura, 5,0 cm de ancho y 5,0 cm de fondo. El otro picnómetro de Jaulmes, también con termómetro incluido (en la foto, el de la izquierda) [MFH sn], posee medidas de 20,0 cm de altura, 3,5 cm de ancho y 3,5 cm de fondo. En el momento de la foto, ambos se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



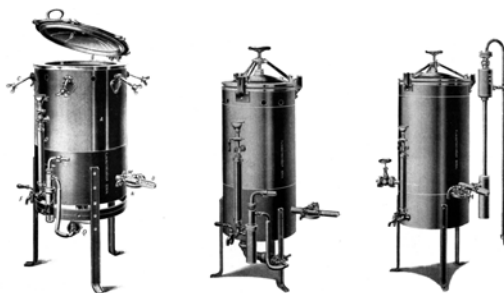
**Figura 354. Picnómetros de Jaulmes con termómetro [MFH sn].**





## 16. INSTRUMENTOS PARA MODIFICAR Y ESTABILIZAR LA PRESIÓN

Comenzaremos por los cinco autoclaves de la colección, a los cuales acompañan en este capítulo cuatro hornillos calentadores, un horno para cenizas, un ebulloscopio de Melligand, dos marmitas de evaporación, tres mantas eléctricas para evaporación en caliente, dos baños de agua, seis estufas de desecación, un aparato para determinar el punto 0°C y un vacuómetro de McLeod.



**Figura 355. Autoclaves.**

Autoclave [MFH 2996] (figura 356). Foto número: 032. Este aparato, inventado por el francés Lemare<sup>291</sup>, fue fabricado por la casa *Paul Altman fabrik chemisch u. Bakteriologischischer apparat*, Luisenstrasse 47, en la ciudad de Berlín, Alemania. Exhibe el número de

---

<sup>291</sup> Pierre-Alexandre Lemare (1766-1835) puede considerarse el inventor del autoclave. Este gramático, pedagogo, médico e inventor, fue funcionario del Estado francés durante la Revolución, luego profesor del colegio de Saint-Claude, más tarde docente en París, médico en Montpellier y militar en la *grande armée* en Rusia. Lemare, en fin, fue inventor de la marmita autoclave y del calefactor que lleva su nombre, denominándose “calefactor Lemare”. Por último, Lemare fue autor de una metodología original del estudio del latín, que presentó en diversas publicaciones, como “Panorama latino”, obra de 1802, “*L’abrégiateur latin*”, del mismo año y un “Curso de latín”, ya de 1831, libro éste último del que se hicieron hasta cuatro ediciones.

Sin embargo, el físico e inventor francés Denis Papin, nacido en 1647 y muerto en 1712, adjunto de Christian Huygens y de Robert Boyle puede considerarse el primer antecedente histórico del autoclave de Lemare. Papin también fue profesor de matemáticas en la Universidad de Marburg, desde 1687 hasta 1696. Papin inventó en 1679 un sistema de digestión, anticipo del autoclave, un recipiente donde el punto de ebullición del agua se alcanzaba aumentando la presión; este aparato demostró la influencia de la presión atmosférica sobre los puntos de ebullición. Otras invenciones de Papin fueron una válvula de seguridad (para el digestor) y una bomba de condensación.

serie 1067914. Son sus medidas: 61,0 cm de altura, 49,2 cm de ancho y 26,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. Este autoclave procede de la propia Facultad de Farmacia; se utilizaba con el fin de lograr condiciones de esterilidad, o sea, ausencia total de microorganismos vivos<sup>292</sup>. En el campo de la microbiología de alimentos, la esterilidad permite aumentar de forma teóricamente indefinida la vida de cualquier alimento manufacturado. Sin embargo, una esterilidad completa es imposible porque la cantidad de microorganismos es demasiado alta como para que un tratamiento que no altere el alimento de forma que lo haga rechazable pueda destruirlos a todos. Esta es la razón por la que, en última instancia, se debe contar con la presencia permanente de microorganismos en todos los alimentos. Análogamente, se entiende por asepsia la ausencia de microorganismos potencialmente patógenos. La asepsia sí es posible incluso en situaciones en las que la esterilidad no lo es porque los microorganismos patógenos son sólo una subpoblación de los totales. Con esta base, ya en 1679, D. Papin inventó un aparato<sup>293</sup> que podría considerarse el antecedente de los autoclaves actuales; posteriormente, en 1852, R. C. Appert, sobrino de Nicolás Appert, creador del método de “appertización” introdujo los primitivos autoclaves en el procesado de conservas y ya en 1874, Shriver desarrolló autoclaves con fundamentos similares a los actuales, con uso de vapor vivo, logrando para ellos la correspondiente patente.

---

<sup>292</sup> Un microorganismo está vivo desde el punto de vista microbiológico cuando es capaz de multiplicarse y un microorganismo muere cuando pierde de forma irreversible la capacidad de reproducirse.

<sup>293</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 61, 81.



**Figura 356. Autoclave [MFH 2996].**

Autoclave [MFH 3936] (figura 357). Foto número: 401. Este aparato, modelo *Bakteriologischer*, fue fabricado por la casa *Paul Altman fabrik chemisch U.*, Luisenstrasse, 47, en la ciudad de Berlín, Alemania. Son sus medidas: 84,1 cm de altura, 35,0 cm de ancho y 39,5 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, con el visor de vidrio. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 357. Autoclave [MFH 3936].**

Autoclave [MFH sn] (figura 358). Foto número: 050. Posee escalas de medida, en su manómetro, de 0 a 75 cm. Son sus medidas: 52,5 cm de altura, 41,0 cm de ancho y 20,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metálico, estando su puerta con un visor de cristal, así como el indicador del manómetro de cristal. Su estado de conservación es regular, pues está oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 358. Autoclave [MFH sn].**

Autoclave [MFH sn] (figura 360). Foto número: 105. Son sus medidas: 92,0 cm de altura, 38,0 cm de ancho y 40,5 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidado y necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 359. Autoclave doble.**



**Figura 360. Autoclave [MFH sn].**

Autoclave [MFH sn] (figura 361). Foto número: 107. Posee escalas de medida, en el vacuómetro, de 0 a 6 atmósferas, con una línea roja de alarma en la posición “4”. Son sus medidas: 70,1 cm de altura, 43,0 cm de ancho y 35,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con el visor de la presión de cristal.

Su estado de conservación es bueno, aunque está oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 361. Autoclave [MFH sn].**

Hornillo calentador [MFH 1549] (figura 362). Foto número: 349. Son sus medidas: 23,7 cm de altura, 35,2 cm de ancho y 20,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con el asa de madera. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidado y la madera necesita restauración. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.





**Figura 362. Hornillo calentador [MFH 1549].**

Hornillo de alcohol [MFH 3925] (figura 363). Foto número: 072. Son sus medidas: 24,1 cm de altura, 35,0 cm de ancho y 20,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, asa de madera. Su estado de conservación hace ver que está muy oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 363. Hornillo de alcohol [MFH 3925].**

Hornillo calentador con crisol [MFH 1550] (figura 364). Foto número: 350. Son sus medidas: 46,7 cm de altura, 36,5 cm de ancho y 20,9 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, asa madera, crisol cerámico. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidado y la madera necesita restauración. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 364. Hornillo calentador con crisol [MFH 1550].**

Dispositivo para calentar crisol [MFH 2447] (figura 365). Foto número: 351. Son sus medidas: 66,0 cm de altura, 27,5 cm de ancho y 21,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: base de madera, metal, soporte superior de madera, crisol cerámico. Su estado de conservación nos hace ver las partes metálicas oxidadas y la base de madera necesita restauración. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 365. Dispositivo para calentar crisol [MFH 2447].**

Horno para cenizas [MFH 2612] (figura 366). Foto número: 073. Son sus medidas: 22,8 cm de altura, 12,3 cm de ancho y 12,3 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra muy oxidado y requiere limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

I



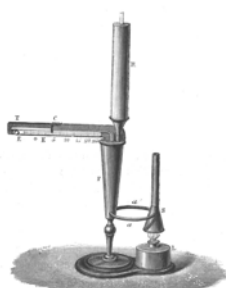
**Figura 366. Horno para cenizas [MFH 2612].**

Ebulloscopio de Melligand [MFH 2613] (figura 368). Foto número: 099. Son sus medidas: 48,1 cm de altura, 28,2 cm de ancho y 8,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Respecto a su estado de conservación, se encuentra oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Un ebulloscopio se emplea en la determinación del punto de ebullición de los líquidos, consistente en un recipiente dotado de un termómetro con escala móvil<sup>294</sup>. Los más conocidos y utilizados son los ebulloscopios de Melligand y de Beckmann. La palabra ebulloscopio es sinónima de ebulómetro. El ebulloscopio se ha utilizado para determinar

---

<sup>294</sup> CHALDECOTT, J. A.: *Temperature measurement & control, part II*. London: Science Museum, 1976 (Catalogue of the collections in the Science Museum). London Science Museum, 1976.

pesos moleculares de los compuestos, mediante el fenómeno del aumento o disminución del punto de ebullición de una solución respecto al disolvente puro. El fenómeno obedece a la misma ley que rige la crioscopia. La medida es más delicada, pues la constante ebulloscópica de los disolventes es mucho menor que la crioscópica. Un ebulloscopio de Melligand completo está constituido por una vasija central con un tubo lateral que sirve para la introducción de las sustancias y cuya boca principal aloja un termómetro Beckmann; además, está introducido en una caldereta cilíndrica. El aparato es calentado mediante un mechero de Bunsen (figura 369).



**Figura 367. Ebulloscopio de Melligand.**



**Figura 368. Ebulloscopio de Melligand [MFH 2613].**



**Figura 369. Diseño actual de un ebulloscopio de Melligand, en el laboratorio.**

Marmita de evaporación o baño de circulación [MFH 3396] (figura 370). Foto número: 142. Este aparato fue fabricado por la casa *Jodrá y Estevez, fabricación de material científico*, Calle Príncipe, número 7, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 23,4 cm de altura, 10,0 cm de ancho y 10,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal (latón). Su estado de conservación es bueno, aunque las patas presentan holgura. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento procede de la Cátedra de Farmacia Galénica y con él se realizaban experiencias de evaporación total o parcial y de forma selectiva de un líquido, mediante calor o combinando calor y vacío<sup>295</sup>.

---

<sup>295</sup> Existen, en función de su capacidad y escala, evaporadores de laboratorio e industriales, con el mismo fundamento. Un evaporador sencillo, o de un paso, consiste de un contenedor de líquido, con poca profundidad y gran área, debajo del cual hay un dispositivo calefactor electrotérmico. Otras veces, se consigue una temperatura alta más suave y controlada mediante la aplicación de lámparas de infrarrojo sobre el líquido. A escala industrial, existen evaporadores múltiples o de varios pasos, que utilizan el vapor producido en un primer evaporador para calefactar un segundo y así sucesivamente. Algunas plantas industriales requieren evaporadores dobles, triples o cuádruples. Ciertos evaporadores se emplean para concentrar disoluciones, al eliminar parcialmente los disolventes de las mismas. En el laboratorio, este proceso se denomina preconcentración o concentración previa. A escala industrial, de esta forma se concentran los azúcares, zumos y leches condensadas (evaporadas). También se utilizan en procesos de purificación, como la desalinización del agua de mar por conversión del agua en vapor. De esta forma los residuos salinos quedan en el evaporador y el vapor posteriormente se condensa en agua potable, sin sal. Asimismo, los evaporadores se emplean en los sistemas de refrigeración, pues el efecto enfriador se produce como una rápida evaporación del líquido refrigerante que absorbe calor.



**Figura 370. Marmita de evaporación o baño de circulación [MFH 3396].**

Marmita de evaporación [MFH 3527] (figura 372). Foto número: 098. Este aparato fue fabricado por la casa *Federico Bonet S.A.*, calle Infantas, número 31, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 30,5 cm de altura, 20,0 cm de ancho y 14,5 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos y dispone de cuatro aros o capas concéntricas. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.





**Figura 371. Marmita de evaporación.**



**Figura 372. Marmita de evaporación [MFH 3527].**

Mantas eléctricas para evaporación en caliente [MFH 3551] [MFH 3806] (figura 374). Foto número: 096. El de la derecha de la foto: [MFH 3551]. Son sus medidas: 40,0 cm de altura, 24,0 cm de ancho y 19,3 cm de fondo. El de la izquierda de la foto: [MFH

3806]. Son sus medidas: 30,0 cm de altura, 17,5 cm de ancho y 13,5 cm de fondo. Los materiales con los que ambos instrumentos se hallan contruidos son: latón dorado; el cable se halla en mal estado. En el momento de la foto, se encontraban en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 373. Marmita de evaporación.**



**Figura 374. Mantas eléctricas [MFH 3551] [MFH 3806].**

Embudo eléctrico con cable y trípode para evaporación en caliente [MFH 3552] (figura 376). Foto número: 097. Son sus medidas: 30,0 cm de altura, 18,5 cm de ancho y 15,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: latón dorado; el cable se halla en mal estado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 375. Utilización de un embudo eléctrico en el laboratorio.**



**Figura 376. Embudo eléctrico con cable y trípode [MFH 3552].**

Baño de agua [MFH sn] (figura 377). Foto número: 082. Posee escalas de medida, de 127 V, 4,5 A. Exhibe el número de serie 9580 y fue distribuido por *Luis Vázquez Colls S.A., Material Científico*, calle Desengaño, número 8, Madrid, España. Son sus medidas: 18,5 cm de altura, 26,7 cm de ancho y 30,5 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Respecto a su estado de conservación, se encuentra oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 377. Baño de agua [MFH sn].**

Baño de agua [MFH sn] (figura 378). Foto número: 083. Este aparato fue fabricado por la casa *Pearson* y fue distribuido por *Luis Vázquez Colls S.A., Material Científico*, calle

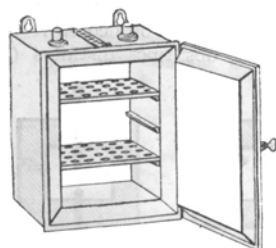
Desengaño, número 8, Madrid, España. Son sus medidas: 16,5 cm de altura, 45,7 cm de ancho y 27,6 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidado, repintado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 378. Baño de agua [MFH sn].**

Estufa de desecación [MFH 4156] (figura 380). Foto número: 403 y fue distribuido por *Luis Vázquez Colls S.A., Material Científico*, calle Desengaño, número 8, Madrid, España. Son sus medidas: 54,0 cm de altura, 36,0 cm de ancho y 35,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, doble puerta (la interna es de cobre y vidrio). Su estado de conservación es bueno, oxidado parcialmente. En el mo-

mento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 379. Grabado donde se muestra una estufa de desecación.**



**Figura 380. Estufa de desecación [MFH 4156].**

Estufa de desecación [MFH 4157] (figura 381). Foto número: 022. Son sus medidas: 29,5 cm de altura, 32,5 cm de ancho y 23,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, laterales de cartón-piedra. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidado y necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. El instrumento fue inventariado y posee el número de inventario 4002698.



**Figura 381. Estufa de desecación [MFH 4157].**

Estufa de desecación [MFH 4165] (figura 382). Foto número: 031. Este aparato fue fabricado por la casa *Establecimientos Jodrá, Laboratorios Químicos, Industria, Análisis, Instalación General y Productos Químicos Finos*, calle Príncipe, número 7, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 27,4 cm de altura, 37,5 cm de ancho y 23,2 cm de fondo.



Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es razonablemente bueno, parcialmente oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.



**Figura 382. Estufa de desecación [MFH 4165].**

Estufa de desecación [MFH sn] (figura 383). Foto número: 104. Este aparato fue fabricado por la casa *Establecimientos Jodrá, Laboratorios Químicos, Industria, Análisis, Instalación General y Productos Químicos Finos*, calle Príncipe, número 7, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 63,0 cm de altura, 34,0 cm de ancho y 30,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera con pintura lacada, metal, puerta de cobre y visor de cristal. Su estado de conservación es bueno, pero la pintura lacada está saltada por algunos sitios. En el momento de la foto, se encontraba en la



antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 383. Estufa de desecación [MFH sn].**

Estufa de desecación [MFH sn] (figura 384). Foto número: 106. Este aparato fue fabricado por la casa *Wiesneco*, en la ciudad de París, Francia. Son sus medidas: 64,0 cm de altura, 30,5 cm de ancho y 34,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, visor de vidrio, bandejas y soportes cerámicos. Su estado de conservación es bueno, aunque las bandejas cerámicas se han caído. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 384. Estufa de desecación [MFH sn].**

Estufa de desecación [MFH sn] (figura 385). Foto número: 110. Posee escalas de medida, de 50 a 200 °C. Este aparato fue fabricado por la casa *Tarma* y fue distribuido por la distribuidora *Carlos Rafael Marés S.L.*, Calle Provenza, número 251 y calle Valencia, número 333, en la ciudad de Barcelona, España. Son sus medidas: 74,0 cm de altura, 46,5 cm de ancho y 41,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, puerta doble interna metálica también. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, pasillo exterior.



**Figura 385. Estufa de desecación [MFH sn].**

Existe en la colección una estufa o aparato de punto cero, que es un equipo relativamente sencillo utilizado en la determinación de pesos moleculares por crioscopia<sup>296</sup>. Persegue, a partir de curvas de enfriamiento, obtener la temperatura de congelación de un solvente puro, determinar la constante crioscópica del solvente utilizando un soluto conocido y, por último, determinar el peso molecular de un analito. Además de la muestra cuyo “punto cero” se persigue determinar y patrones y disolventes, se ha de contar con equipamiento accesorio, como un baño de hielo-sal, una pipeta, un vidrio de reloj, un termómetro de precisión y una balanza analítica.

---

<sup>296</sup> CHALDECOTT, J. A.: *Temperature measurement & control, part II*. London: Science Museum, 1976 (Catalogue of the collections in the Science Museum). London Science Museum, 1976 (Op. Cit.).



**Figura 386. Retorta para determinar puntos criogénicos.**

Aparato para determinar el punto  $0^{\circ}\text{C}$ <sup>297</sup> [MFH sn] (figura 388). Foto número: 010.  
Son sus medidas: 46,5 cm de altura, 18,3 cm de ancho y 18,3 cm de fondo. Los materiales

<sup>297</sup> Un aparato para la determinación del peso molecular por el método crioscópico comprende un tubo de ensayo interior con camisa exterior hueca, un vaso de precipitado grande, agitadores en forma de anillo y tapones. Primero se determina el punto de congelación de un disolvente, usualmente ciclohexano puro. Para ello se prepara una mezcla hielo-sal, en el vaso de precipitado grande del aparato crioscópico. Para determinar la temperatura de congelación del solvente es necesario tener una masa conocida del solvente (ciclohexano); así, se utiliza una fiola, que se pesa antes y después de agregar el solvente, manteniéndola tapada. Se usa una pipeta para aspirar el ciclohexano. A continuación, el ciclohexano se introduce en el tubo de ensayo interior del aparato crioscópico vertiéndolo desde la fiola, que se pesa antes y después del traslado. Luego, el termómetro de precisión y el agitador pequeño en forma de anillo, se introducen en el tubo de ensayo interior, de forma tal que las termocuplas queden a la mitad del espacio entre el fondo del tubo de ensayo y la superficie del líquido y concéntrico al tubo; a fin de que el agitador pase fácilmente a su alrededor. Durante el experimento se tiene cuidado de conservar seca la parte interna del aparato y de exponer lo menos posible al aire el tubo de ensayo interior a fin de evitar la condensación de humedad dentro de él. También durante el ensayo debe agitarse continuamente el solvente. El movimiento del agitador debe llevar la solución desde el fondo del tubo hasta cerca de la superficie. Al mismo tiempo hay que agitar el baño externo de hielo-sal. A continuación, se mide la temperatura cada 20 segundos, comenzando desde  $8^{\circ}\text{C}$  aproximadamente, hasta 2 minutos después de aparecer el sólido (la temperatura permanece constante), agitando continuamente. Si la temperatura desciende  $0,5^{\circ}$  bajo el punto de congelación normal, sin señales de congelación, esto significa que ocurrirá un sobreenfriamiento. Para fundir la solución una vez realizada la determinación, se saca el tubo interior del baño hielo-sal. Se quitan las termocuplas y el agitador de su interior. Se puede calentar el tubo interior con la mano, nunca se debe usar un mechero. También se puede introducir el tubo de ensayo en un baño de agua a temperatura ambiente. Una vez fundido el solvente, se agrega al tubo de ensayo interior, una masa conocida de patrón, que suele ser naftaleno, y se procede a determinar la temperatura de congelación tal como se hizo con el solvente puro. Una vez hecho esto, se prepara un nuevo baño de hielo-sal y se agrega nuevamente un peso conocido de patrón (naftaleno) a la solución anterior, de forma que ahora la masa de soluto es de la suma de ambos pesos y se determina nuevamente la temperatura de congelación de la solución. Luego, se desecha la mezcla anterior y se realiza el mismo procedimiento experimental con la muestra problema. No es necesario volver a determinar la temperatura de congelación del solvente puro para el trabajo con una muestra problema. Se realiza para cada ensayo una gráfica de la curva de enfriamiento (temperatura frente a tiempo). Si hubo sobreenfriamiento, se hace una extrapolación; en ella se determina gráficamente el peso de soluto y el descenso en el punto de congelación. En el mismo gráfico se suelen representar curvas de solvente y solución. Así, se puede calcular el valor de la constante crioscópica ( $K_f$ ), utilizando la fórmula  $T = K_f \cdot m$  donde T es la temperatura y m la molalidad del soluto; se aplican los valores obtenidos en el ensayo para el naftaleno. Se obtiene el valor T a partir de los gráficos y se representan gráficamente los

con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno, muy poco oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.



**Figura 387. Aparato para determinar el punto 0°C.**

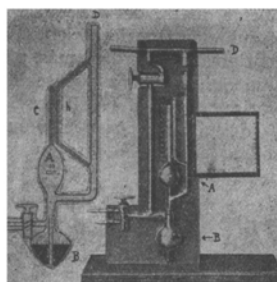


**Figura 388. Aparato para determinar el punto 0°C [MFH sn].**

---

partir de los gráficos y se representan gráficamente los valores de  $K_f$ , extrapolando a  $T = 0$  para obtener el  $K_f$  experimental.

Vacuómetro de McLeod, según Ubbelohde [MFH sn] (figura 390). Foto número: 007. Este aparato parece fabricado artesanalmente. Son sus medidas: 126,0 cm de altura, 45,6 cm de ancho y 59,7 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: base de madera, vasijas y tubos de vidrio, abrazaderas de latón. Su estado de conservación es bueno y sólo necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10. Con respecto al funcionamiento de un vacuómetro de McLeod o de compresión, hay que destacar que cuando una variación de una columna de mercurio en un tubo en “U” es muy pequeña y también en el caso de presiones inferiores a 0,1mm de mercurio, las lecturas son extremadamente difíciles de realizar. La idea es comprimir el gas residual de un volumen relativamente grande hasta un volumen menor, de modo que se logra una presión susceptible de ser medida con una columna de mercurio. Conociendo la relación de compresión se puede calcular la presión inicial. Los vacuómetros de McLeod se basan en este principio y son contruidos en vidrio. Estos tipos de vacuómetros son en general usados como patrón de presiones entre  $10^{-2}$  a  $10^{-6}$  milibares. Para medir la presión, se une el sistema McLeod con un sistema de vacío.



**Figura 389. Vacuómetro de McLeod.**



**Figura 390. Vacuómetro de McLeod, según Ubbelohde [MFH sn].**

## 17. OPERACIONES DE PURIFICACION DE SUSTANCIAS: SEPARACIÓN DE MEZCLAS HOMOGENEAS

Aquí incluiremos los destiladores<sup>298</sup> o aparatos, también llamado alambiques, utilizados para separar los componentes de una mezcla líquida al evaporarlos por calentamiento y luego condensarlos por enfriamiento; alambiques o destiladores también pueden aplicarse a ciertos sólidos. Al calentar la mezcla, los vapores desprendidos se separan del resto del producto inicial y ascienden por un conducto refrigerado, donde condensan. El destilador fracciona y purifica productos complejos debido a que el vapor es más rico en el componente más volátil que la mezcla de que se parte. También permite condiciones de temperatura y presión idóneas para producir reacciones químicas. Hay destiladores simples, que trabajan a presión atmosférica; destiladores de vacío, que trabajan a menor presión y temperatura, y por tanto permiten trabajar con compuestos termolábiles (se descomponen fácilmente a determinadas temperaturas), y destiladores de superfraccionamiento, con múltiples zonas de extracción, incluso cien o más, y relaciones de reflujo elevadas, de 5:1 o mayores.

Existen en la colección tres alambiques<sup>299</sup>, dos de los cuales son “alambiques de Gay-Lussac”<sup>300</sup>. Evidentemente, todo alambique persigue una destilación<sup>301</sup>, que, a su vez,

---

<sup>298</sup> Palabra originada por el término latino *destillator*, destilador.

<sup>299</sup> Asimismo hay que citar el alambique procedente de la Farmacia del padre de d. Odbulio Fernández, de Frías, provincia de Burgos, donado por su sobrina, que actualmente se encuentra en la Farmacia Tavera.

<sup>300</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 226, 279, 336.

<sup>301</sup> GAMOV, GEORGE. *Biografía de la Física*. Madrid: Alianza Editorial, 1988. (Op. Cit) p. 30. Parece ser que la destilación fue inventada por los alquimistas egipcios, que usaron numerosos diseños para vaporizar sustancias volátiles y tratar los metales con ellas y sólo ocasionalmente realizaban destilación de líquidos: calentar agua del mar en para lograr agua potable o calentar alquitrán para, condensando su vapor, obtener aceite de pez. Existen precedentes en Grecia hacia el año 300 antes de Cristo, recogiendo la herencia de las culturas egipcia y babilónica. En Alejandría, entre los años 200-300 después de Cristo, pudo haberse inventado el alambique, que los historiadores atribuyen a María la Judía, Zósimo de Panópolis y su hermana Theosebeia. Los trabajos de esos alquimistas llegaron a los árabes y los aparatos que utilizaban para la destilación ya son



busca separar dos o más líquidos miscibles mediante ebullición<sup>302</sup>. Se trata de una operación unitaria de transferencia de masa, como una absorción o una cristalización, donde los vapores logrados se recuperan como producto deseable y se condensan<sup>303</sup>. Los vapores condensados son más ricos en el líquido o líquidos más volátiles, mientras que los remanentes lo son en las sustancias menos volátiles. También llamada alambicación, refinación, agotamiento, fraccionamiento o rectificación, la destilación es muy utilizada en la industria química, petroquímica, alimentaria, farmacéutica y perfumera, para la separación de los componentes que forman mezclas líquidas miscibles. Aunque la destilación es una técnica antigua<sup>304</sup>, todavía queda por decir la última palabra sobre el diseño de los aparatos de des-

---

descritos por Marco Graco en el siglo VIII, en el que se considera el primer documento histórico sobre destilación de vinos. La primera noticia del término “alambique” surgió precisamente de los egipcios: éstos, obtenían mercurio calentando cinabrio o sulfuro de mercurio sobre un plato de hierro, colocado dentro de una olla cubierta con un puchero o “*ambix*”, donde condensaba el vapor de mercurio. Más adelante, el término pasó a denominar el aparato completo de la destilación y fue tomado por los árabes (“*anbiq*”), que es de donde procede nuestra acepción “alambique”. Todo alambique o destilador está compuesto de tres partes: una vasija en la que se calienta el material que se va a destilar, una parte fría para condensar el vapor producido y un recipiente para recogerlo. La destilación surgió como medio de lograr líquidos reactivos y colorantes de metales. En el siglo VIII se tiene noticia del uso de alambiques con fines distintos de los de la alquimia, en libros de recetas. La carencia de instrumentos, como termómetros, y la ignorancia de disolventes ni ácidos más fuertes que el vinagre, representaba una gran limitación. Los antiguos químicos trabajaban principalmente sobre alambiques primitivos, lo cual les imposibilitaba recuperar los compuestos de bajo punto de ebullición, por lo que no se descubrieron productos químicos (alcohol) hasta la época de los árabes, a pesar que desde hacía muchos siglos se conocían bebidas alcohólicas obtenidas por fermentación (vino, cerveza). A principios del siglo IX se inicia el desarrollo de la alquimia árabe, influida por la escuela de Alejandría, así como los trabajos de los alquimistas chinos, anteriormente recopilados por He Hong en el “*Bao Puzi*”. En definitiva, los árabes recopilaron los conocimientos de los alquimistas existentes hasta la época en el llamado “Libro de Crates”, pero será la obra de Gerber (posible seudónimo de un grupo de alquimistas árabes), publicada hacia el año 850, traducida al latín con el título “*De Summa Perfectionis*”, la que llevará a Europa el pensamiento y los métodos de la química.

<sup>302</sup> MÉTRAL, P.: *Précis de physique pour le brevet élémentaire*, 2ª ed. Paris: Massan et Cie, 1930. (Op. Cit.) p. 206.

<sup>303</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores: *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 81.

<sup>304</sup> Hoy parece fuera de toda duda que la destilación para la obtención de alcohol es un descubrimiento árabe, que algunos autores atribuyen a Ibn Yasid. Y no puede ser anterior al siglo X, porque la inmensa obra de Avicena (980-1037), verdadera enciclopedia de los conocimientos de su época, no menciona el alcohol, aunque sí describe detalladamente el alambique y relaciona minuciosamente sus aplicaciones. Los químicos árabes, a pesar de su pasavolante, sin profundizar en la química teórica, poseyeron una química aplicada superior a la helénica. Abu Mussah-al-Sofi, alias *Geber*, hacia el año 760 describió métodos mejorados de evaporación, filtración, sublimación, fusión, destilación y cristalización. Ibn-Sina (alias Avicena), clasificó minerales y productos químicos y describió con detalle su elaboración; así, por ejemplo, definieron la diferencia entre sosa y potasa y fue habitual entre los químicos árabes la purificación de vitriolo, alumbre, nitro y sal de amoníaco, en parte gracias a las mejoras instrumentales y en parte, por la calidad de los vidrios y esmaltes. Los alquimistas árabes inventaron hornos cilíndricos y cónicos, donde el calor de los gases de combustión producía en alambiques agua de rosas o “nafta” (gasolina). Por ello, existen en la química actual nombres árabes para aparatos

y productos químicos, como álcali, antimonio o alambique. El procedimiento de destilar alcohol y producir ácidos fuertes, como sulfúrico o nítrico, afectó a otras aplicaciones y técnicas; la producción de perfumes, por ejemplo, cambió radicalmente. Posterior fue enfriar el tubo de salida del alambique y, a partir del siglo XIV, la salida se convirtió en un serpentín condensador del que deriva el refrigerante moderno. De esta forma se podía recuperar, por condensación, líquidos y sustancias de bajo punto de ebullición. Las primeras descripciones europeas no árabes del alcohol datan del año 1100, en manuscritos de Salerno y cien años después, el alcohol obtenido por la destilación del vino, era ya una sustancia bien conocida. En la Edad Media, el alcohol concentrado se preparaba en dos destilaciones: una primera producía alcohol de 60% ("*agua ardens*" o aguardiente) y otra segunda destilación lo concentraba al 96% ("*aqua vitae*" o agua de la vida). En 1320 se producía alcohol a gran escala en Italia, concretamente en Módena, y su conocimiento se extendió a Francia y Alemania. Monasterios y farmacias empleaban ese alcohol para preparar cocciones de hierbas, vendidas incipientemente como fármacos. La peste negra contribuyó a la difusión y afición a beber alcohol fuerte: la costumbre de beber licores y aguardiente o ginebra arraigó socialmente, sustituyendo a bebidas con menor contenido alcohólico (vinos y cervezas, 7 a 15% de alcohol en volumen). Hacia 1150, los químicos italianos destilaron ácido nítrico de una mezcla de nitró y alumbre. Venecia, y algunas ciudades de Francia y Alemania, fueron centros productores ácido nítrico, el principal reactivo en la refinación del oro que contenía la plata. El ácido sulfúrico se produjo en el siglo XIII, por destilación de alumbre, técnica superior a la de quemar azufre sobre agua bajo una campana de cristal. En el siglo XV se destilaba ácido clorhídrico a partir de una mezcla de nitró y sal común. El conocimiento de dichos ácidos fuertes se difundió rápidamente, utilizándose en la disolución de sales, metalurgia y producción de agentes mordientes o de blanqueado. El conocimiento de los ácidos y los disolventes de bajo punto de ebullición, como el alcohol, resultó fundamental en el progreso de la química; los químicos antiguos se habían limitado al estudio de sólidos o líquidos y ahora se pudo estudiar cuerpos en disolución con otros compuestos. La industria química se integró al dominio del gremio de los destiladores, que en el siglo XV comprendía no sólo a los fabricantes de ginebra; también a los boticarios y los fabricantes de ácidos. La destilación de ácidos fue básica en la producción de productos químicos nuevos.

En cuanto a la medicina, al comienzo de la Edad Media sólo manejaba fármacos en forma de polvos y jarabes. Estos fueron reemplazados por tinturas o destilados de un fármaco específico en alcohol. El médico paduano Michele Savonarola (1384-1462) escribe una obra "*De arte confectionis aquae vitae*" extrañándose de que los antiguos escritores no hablasen del agua maravillosa. Empero, los destilados obtenidos debían tener un sabor poco agradable, puesto que, para su consumo medicinal solía macerarse con hierbas o frutas, práctica que continúa aún en algunas comunidades rurales. En 1617, el agrónomo eclesiástico catalán Miguel Agustí, publica el "*Libro dels secrets d'agricultura, casa rústica y pastoril*", extensa obra de cuatro volúmenes, donde describe detalladamente un alambique para obtener aguardiente de los orujos. En 1663, su cofrade, el monje jesuita alemán Atanasio Kircher, publica un tratado de química en el que señala claramente a los orujos como materia alcoholígena, dándole carácter científico a su destilación.

Por otra parte, los perfumes, hasta entonces preparados macerando hierbas y aceites o grasas, se empezaron a fabricar al modo árabe, por destilación y posterior disolución en alcohol. Los primeros libros sobre destilación aparecieron en el siglo XVI-XVII (Brunschwig, 1500; Andrew, 1527; Libavius, 1606). Boyle destiló alcohol de madera y vinagre, separando las fracciones por sus puntos de ebullición, lo cual fue probablemente la primera destilación analítica. Algunos siglos después, en plena Revolución Industrial, aparecieron nuevos usos para la destilación. En efecto, los experimentos orientados a la obtención de coque de buena calidad demostraron que el carbón desprende un gas inflamable al ser calentado, gas que enseguida se aprovechó en la producción del gas del alumbrado; los subproductos de la industria del gas adquirieron gran importancia, como el alquitrán, del cual se obtenía benceno y, al descubrirse los colorantes sintéticos en 1856, condujo a las plantas destiladoras de alquitrán de hulla.

En 1800 Rumford usó vapor de agua como agente térmico. Rumford, al igual que otros científicos franceses, diseñó y trabajó con columnas de destilación. Cellier Blumenthal inventó la columna de rectificación en 1813, Perrier las campanas de burbujeo en 1822 y desarrolló un alambique continuo, con precalentamiento de la alimentación y uso de reflujo interno; Adam y Bérard diseñaron independientemente columnas para rectificar el alcohol extraído del vino y Blumenthal, combinó los de aquellos para fabricar una columna que proporcionaba una corriente de alcohol rectificado a partir de una alimentación continua de vino, logrando el primer proceso de destilación en régimen permanente. Para 1850, las columnas rectificadoras de la industria del al-

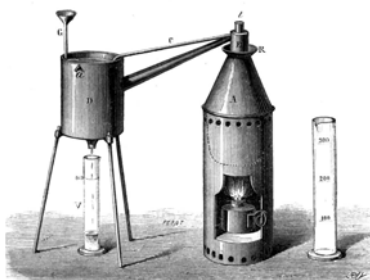
tilación, tan útiles para la humanidad. Empero, actualmente la destilación se reemplaza por otras operaciones que consumen menos energía o más eficientes, como la extracción líquido-líquido, la adsorción o la cromatografía, entre otras. La destilación continúa presente en casi todos los procesos químicos, petroquímicos, farmacéuticos, en la industria alimentaria y vinícola.

Alambique de Gay-Lussac para ensayos con vinos [MFH 2611] (figura 392). Foto número: 016. Son sus medidas: 33,0 cm de altura, 31,5 cm de ancho y 13,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, concretamente de latón. Su estado de conservación es bueno y sólo necesita limpieza, pero está oxi-

---

cohol se empezaron a utilizar en las industrias del petróleo y del alquitrán de hulla, posibilitando entre 1860 y 1880 el aislamiento del benceno, tolueno y xileno, por destilación del alquitrán. En la misma época, hacia 1850, se descubrió cómo fabricar vidrio transparente, dúctil y capaz de soportar calentamientos y enfriamientos continuos, que fue inmediatamente aplicado en la fabricación de lentes, instrumentos y material de laboratorio, aportando una enorme ventaja sobre los equipos anteriores, de metal y cerámica, por su resistencia química, transparencia y maleabilidad. Los alambiques se modificaron y aparecieron los matraces, columnas y condensadores, semejantes a los actuales, siendo desde entonces la destilación una de las técnicas de separación más empleadas en el laboratorio y en investigación, así como técnica analítica. La industria del petróleo habilitó métodos más científicos en la destilación y refinación del mismo, respondiendo a la demanda creciente de lubricantes, parafinas, asfalto, aceite combustible y sobre todo gasolina. Trumble, en Estados Unidos, ideó en 1812 la combinación de un destilador de tubos con columnas desolladoras y evaporadores, sistema extraordinariamente flexible para adaptar las unidades destiladoras a la diversidad de crudos existentes. La refinación química, originalmente un proceso por lotes, se hizo entonces automática y se convirtió en una operación continua, en recipientes cerrados, que evitaba la peligrosa evaporación de las fracciones ligeras. El equipo predecesor de las campanas de burbujeo o “cachuchas” fue inventado en 1822 por Perrier y, en 1830, Coffee desarrolló una columna continua que usaba tanto platos perforados como precalentamiento de la alimentación y reflujo interno. Cuando el gas natural vino a suplir la falta de combustible, pudieron extraerse compuestos valiosos con bajo punto de ebullición, como el propano y el butano, extracción que precisaba de una destilación adecuada para eliminar los gases disueltos, por lo que los técnicos tuvieron que idear nuevos tipos de columnas destiladoras. En 1893 Hausbrand y en 1899 Sorel, presentaron los primeros estudios matemáticos aplicados al diseño de las columnas de fraccionamiento. Fue este último quien desarrolló y aplicó relaciones matemáticas para la separación fraccionada de mezclas binarias e introdujo en sus cálculos los conceptos de entalpía molar, pérdida de calor, composiciones, reflujo y gastos. En 1925, McCabe y Thiele presentaron un trabajo en la American Chemical Society, que presentaba un nuevo método sencillo, rápido e ilustrativo para calcular gráficamente el número de platos teóricos necesarios para la separación de los componentes de una mezcla binaria en una columna de rectificación, aportación fundamental para el diseño científico de unidades de destilación y un gran progreso cuando en 1936 surgieron los nuevos sistemas de cracking. En 1922 Ponchon y Savarit diseñaron otro método para el cálculo de columnas de destilación para mezclas binarias. Entre 1930 y 1960, se hicieron numerosos estudios para predecir la eficiencia de las columnas de destilación. En 1988 Holland diseñó columnas que trabajaran mezclas multicomponentes. Los ordenadores posibilitaron la aplicación de ecuaciones de estado para el cálculo del equilibrio vapor-líquido. El estudio de los sistemas azeotrópicos permitió también diseñar columnas capaces de separar tales mezclas para obtener productos puros.

dato. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.



**Figura 391. Alambique de Gay-Lussac para ensayos con vinos.**



**Figura 392. Alambique de Gay-Lussac para ensayos con vinos [MFH 2611].**

Alambique de Gay-Lussac para ensayos con vinos [MFH 4109] (figura 393). Foto número: 054. Son sus medidas: 30,0 cm de altura, 33,0 cm de ancho y 14,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 393. Alambique de Gay-Lussac para ensayos con vinos [MFH 4109].**

Alambique [MFH 3791] (figura 394). Foto número: 075. Datos del alambique (de-  
recha de a foto). Son sus medidas: 27,0 cm de altura, 14,1 cm de ancho y 14,1 cm de fondo.  
Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, de cobre. Su  
estado de conservación es bueno y está parcialmente oxidado.

Hornillo de gas [MFH 3924] (izquierda de a foto). Este aparato fue fabricado por la casa *Deposé LV & Ce*. Son sus medidas: 7,5 cm de altura, 25,0 cm de ancho y 12,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno, pero está oxidado.

En el momento de la foto, ambos se encontraban en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 394. Alambique [MFH 3791].**

Dispositivo de decantación, complemento del correspondiente recipiente florentino [MFH sn] (figura 395). Foto número: 409. Son sus medidas: 63,2 cm de altura, 12,0 cm de ancho y 11,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido

son: vidrio, base de madera. Su estado de conservación es bueno y sólo necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.



**Figura 395. Dispositivo de decantación [MFH sn].**

## **18. OPERACIONES DE PURIFICACION DE SUSTANCIAS: SEPARACIÓN DE MEZCLAS HETEROGÉNEAS**

La principal operaciones de purificación de sustancias, concretamente la separación de mezclas heterogéneas es la filtración o proceso que permite la separación de partículas con arreglo a su tamaño. Se realiza a escala industrial o de laboratorio. La filtración puede ser líquido-sólido, gas-sólido o sólido-sólido. En la filtración líquido-sólido se hace pasar una fase líquida que contiene partículas en suspensión, a través de uno o varios filtros o tamices donde quedan retenidas las partículas. La filtración gas-sólido consiste en filtrar mediante un tamiz las partículas sólidas (generalmente de polvo) y gotículas de líquidos (vapor de agua) que puedan tener los gases. Y en la filtración sólido-sólido, proceso también llamado tamización, se separan las partículas de distinto tamaño de una fase pulverulenta sólida.

Los filtros pueden ser de diversos materiales y formas, ya sean tamices abiertos, de tipo cedazo, o tupidos, de materiales como la celulosa, diversos plásticos y los denominados fritados, donde se compactan virutas de un material como el acero o vidrios especiales, de forma que dejan entre sí pasos o intersticios de tamaño conocido, normalmente de pocos  $\mu\text{m}$ . La filtración a través de un papel (de filtro) es uno de los trabajos más genéricos del laboratorio químico, para asegurar la ausencia de partículas en las soluciones, y que éstas sean homogéneas. El filtro captura partículas por un mecanismo estrictamente mecánico, pues retiene aquéllas cuyo tamaño es superior al de los intersticios del filtro. El proceso muchas veces es parsimonioso, sobre todo cuando se pretende hacer pasar la muestra a través de filtros muy tupidos, y suele ser necesario acelerarlo mediante la aplicación de presión. Existen dos formas de aplicar presión en un proceso de filtración: presión positiva, si se aplica como aire a presión u otro gas, a ser posible inerte, sobre el líquido que ya está



sobre el filtro; y negativa, por succión en la parte posterior del filtro, que se realiza con una simple trompa de vacío o por efecto Venturi, o con bombas de alto vacío y de gran capacidad. En cromatografía asimismo existe la técnica de filtración por geles, que de forma excepcional para ser una cromatografía, admite muestras no perfectamente disueltas, como suspensiones coloidales, y separa sus diversos componentes en virtud de sus tamaños moleculares por penetración en los poros de la fase estacionaria o relleno de la columna.

Crisoles de vidrio filtrante de sílice [MFH sn] (figura 396). Foto número: 170. Fabricados por la casa *Schott Cen Jena*, en la ciudad de Jena, Alemania, el primero de ellos posee la referencia 1G3 y mide 4,5 cm de altura, 3,0 cm de ancho y 3,0 cm de fondo; el segundo de ellos posee la referencia 1G1 y mide 5,9 cm de altura, 3,5 cm de ancho y 3,5 cm de fondo; el tercero de ellos posee la referencia 2G3 y mide 5,3 cm de altura, 4,8 cm de ancho y 4,8 cm de fondo y el cuarto de ellos posee la referencia 2G2 y mide 5,3 cm de altura, 4,7 cm de ancho y 4,7 cm de fondo. Los materiales con los se construyeron fueron vidrio y sílice. Su estado de conservación es muy bueno, el filtro de sílice no se ha usado, pues está muy limpio. En el momento de la foto, se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 396. Crisoles de vidrio filtrante de sílice [MFH sn].**

Filtro de sílice [MFH sn] (figura 397). Foto número: 247. Son sus medidas: 15,1 cm de altura, 2,0 cm de ancho y 2,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son vidrio y sílice del filtro. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 397. Filtro de sílice [MFH sn].**

## 19. OPERACIONES DE PURIFICACION: OTRAS TÉCNICAS DE SEPARACIÓN DE MEZCLAS HETEROGÉNEAS

Ante todo, en la colección encontramos tres centrífugas. Las tres son centrífugas de baja velocidad y ninguna de ellas es refrigerada, lejos de los últimos avances instrumentales propiciados a partir de los trabajos de Svedberg<sup>305</sup> (figura 398). La centrifugación<sup>306</sup> es una

---

<sup>305</sup> Theodor ("The") Svedberg nació en Flerång, Valbo (Suecia) el 30 de agosto de 1884. Sus padres fueron Elías Svedberg, un capataz de la construcción, y Augusta Alstermark. Svedberg estudió en la escuela Köping, luego en el Colegio Örebro y en el Colegio Moderno de Gothenburg, donde salió en diciembre de 1903, justo antes de matricularse en la Universidad de Uppsala en enero de 1904. Se graduó en 1905, para alcanzar el grado de Doctor en Filosofía en 1908. Svedberg aceptó un puesto de ayudante en el Instituto Químico de Uppsala en 1905 y en 1907 logró hacerse con un puesto de Profesor asociado en química en la universidad. Tuvo una distinción especial en 1909, como asociado y Profesor de prácticas de fisicoquímica y en 1912 fue nombrado Profesor de Físico-Química, Universidad de Uppsala. Fue emérito en 1949, tras haber sido Director del Instituto Gustaf Werner de Química Nuclear en la Universidad. Los trabajos científicos de Svedberg estuvieron dedicados principalmente a coloides y macromoléculas. En su tesis doctoral *Studien zur Lehre von den kolloiden Lösungen* (1908), hoy considerada un clásico, Svedberg describió un nuevo método de producción de partículas coloidales, afirmación fehaciente de la teoría anticipada por Einstein y por von Smoluchowski sobre los movimientos brownianos, lo cual probaba la existencia de las moléculas. Con numerosos colaboradores, estudió las propiedades físicas de los coloides, como su difusión, absorción de la radiación y sedimentación, a partir de las cuales concluyó que las leyes de los gases podrían aplicarse a los sistemas dispersos. Para sus estudios de sedimentación, construyó la "ultracentrífuga", donde podían investigarse grandes moléculas en solución (proteínas, carbohidratos, polímeros de alto peso molecular), al serles aplicadas fuerzas centrífugas de 106 veces la de la gravedad. Más tarde, Svedberg estudió los problemas de la química nuclear y la radiometría. Asimismo, estudió los procesos fotográficos. Durante la Segunda Guerra mundial, trabajó en un método para producir goma sintética. Svedberg contribuyó con numerosas publicaciones científicas a los campos de los coloides, química nuclear y radiometría. Entre sus publicaciones, destacan: *Die Methoden zur Herstellung kolloider Lösungen anorganischer Stoffe* (1909), *Die Existenz der Moleküle* (1912), *Colloid Chemistry* (1914), *The Ultracentrifuge* (1940). Escribió excelentes libros populares, como *Materien* (1912), *Arbetets dekadens* (1915) y *Forskning och Industri* (1918). Svedberg fue galardonado con la Medalla John Ericsson (1942), Medalla de Berzelius (1944) y la Medalla del Instituto Franklin (1949). Por sus trabajos sobre sistemas dispersos recibió el Premio Nobel en 1926. Svedberg visitó numerosos laboratorios en el extranjero: Alemania (1908), Holanda y Francia (1912), Berlín (1913), Viena (1916), Londres y París (1920), Inglaterra y Dinamarca (1922), Estados Unidos y Canadá (1922-1923). Fue doctor honoris causa de ciencia y medicina; entre otras sociedades y Academias, fue miembro de la Academia Sueca de Ciencias, de la Academia de Halle, de la Sociedad Química de Londres, la Academia de Ciencias de la India, la Sociedad Filosófica Americana de Filadelfia, la Academia de Ciencias de , la Real Sociedad de Londres y de la Academia Nacional de Ciencias de Washington. Svedberg se casó cuatro veces: en 1909, con Andrea Andreen, una medico; en 1916, con Jane Frodi; con Ingrid Blomquist en 1938 y, en 1948, con Margit Hallén. En total, tuvo doce hijos, seis niños y seis niñas. Sus aficiones fueron la pintura y la botánica. Svedberg murió en 1971.

técnica instrumental de análisis químico y bioquímico basada en la capacidad que tienen de separarse los distintos componentes de una muestra al aplicarle una fuerza centrífuga. El equipo instrumental se denomina centrífuga; contiene uno o varios tubos en una cavidad central sobre un soporte, que gira a gran velocidad sobre sí mismo. La fuerza centrífuga tiende a mover las partículas desde el centro de rotación hacia fuera, por lo que las sustancias con diferentes tamaños y densidades se proyectan a diferentes distancias y se separan entre sí. Existen cinco tipos de centrífugas: generales de laboratorio, hematológicas (que separan células o elementos formes de la sangre), de alta velocidad, refrigeradas y ultracentrífugas. Estas últimas pueden alcanzar velocidades de rotación de más de cien mil revoluciones por minuto y permiten separar macromoléculas con pequeñas diferencias de peso molecular.



**Figura 398. Theodor Svedberg (1884-1971).**

Centrífuga [MFH sn] (figura 399). Foto número: 120. Posee un rotor para ocho tubos. Este aparato fue fabricado por la casa *Andreas Hettich, Hettich*, modelo *Universal II*, en la ciudad de Tübingen, Alemania. Exhibe el número de serie 6189. Son sus medidas: 28,0 cm de altura, 32,5 cm de ancho y 32,5 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno; su rotor gira, pero está oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en dependencias de la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El instrumento fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4028651.

---

<sup>306</sup> Del latín *centrifugus*, centrífugo.



**Figura 399. Centrífuga [MFH sn].**

Centrífuga de pie con coraza protectora [MFH sn] (figura 401). Foto número: 103. Son sus medidas: 33,0 cm de altura, 34,0 cm de ancho y 34,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno, tiene algunos golpes, está parcialmente oxidada y con la tapadera descentrada. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula "Obdulio Fernández", primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 400. Centrífuga de pie con coraza protectora.**



**Figura 401. Centrifuga de pie con coraza protectora [MFH sn].**

Centrífuga [MFH sn] (figura 402). Foto número: 121. Posee un rotor para ocho tubos. Este aparato responde al modelo *RotoU2* y fue fabricado por la casa *PHG*, en Alemania. Son sus medidas: 35,5 cm de altura, 32,5 cm de ancho y 32,5 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno, su rotor gira, pero está oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en dependencias de la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 402. Centrífuga [MFH sn].**

Tubo de centrífuga [MFH sn] (figura 403). Foto número: 197. Posee escalas de medida, con una graduación de 0 a 15 ml. Este aparato fue fabricado por la casa *Corex by Millipore*, Estados Unidos. Son sus medidas: 12,7 cm de altura, 1,7 cm de ancho y 1,7 cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.





**Figura 403. Tubo de centrifuga [MFH sn].**

Soporte de tubos de centrifuga [MFH sn] (figura 404). Foto número: 202. Son sus medidas: 8,5 cm de altura, 5,2 cm de ancho y 1,8 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



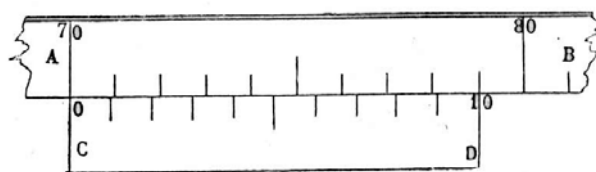
**Figura 404. Soporte de tubos de centrífuga [MFH sn].**



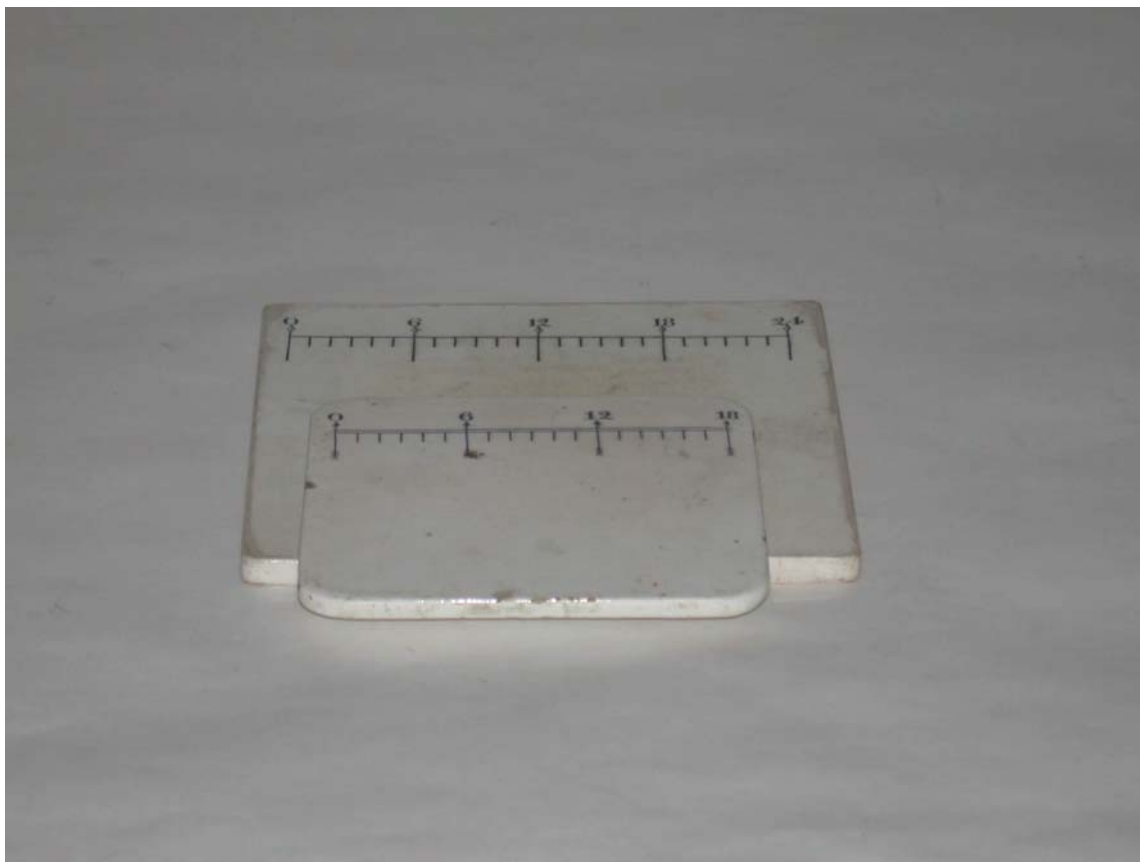
## 20. MEDIDAS DE LONGITUD, SUPERFICIE, VOLUMEN Y TIEMPO

En este capítulo encontramos cinco instrumentos: dos escalas y tres relojes, de los cuales uno es un extraordinario reloj de pulsos y dos son los clásicos (y antiguos) relojes avisadores de laboratorio.

Respecto a las dos escalas de la colección, citemos en primer lugar la escala que observamos en el frontal de la foto [MFH 1493] (figura 406). Foto número: 355. Posee escalas de medida, de 0 a 18. Es del siglo XVIII ó XIX. Son sus medidas: 0,4 cm de altura, 12,9 cm de ancho y 12,9 cm de fondo. Los materiales con los que están construidas ambas, son cerámicos y su estado de conservación es excelente. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. En ambas escalas coincide la numeración 0 a 18 en ambos, por lo que automáticamente desechamos la apreciación visual de que se tratase de un nonio, algo que sospechamos en un principio. En cuanto a la escala (posterior de la foto) [MFH 2986], posee escalas de medida, de 0 a 24 y son sus medidas: 0,7 cm de altura, 17,3 cm de ancho y 17,3 cm de fondo. Al igual que el anterior, los materiales con los que el instrumento se halla construido son cerámicos. Su estado de conservación es excelente. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 405. Nonio o “nonius”.**



**Figura 406. Escalas [MFH 1493] y [MFH 2986].**

Reloj de pulsos<sup>307, 308</sup> [MFH sn] (figura 407). Foto número: 006. Son sus medidas: 39,8 cm de altura, 48,0 cm de ancho y 24,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: carcasa de madera, visor de cristal, maquinaria metálica. Su estado de conservación es bueno, ignorándose si funciona. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.

<sup>307</sup> BRUTON, ERIC: *The history of clocks and watches*. New York: Crecent Books, 1989.

<sup>308</sup> DANIELS, GEORGE: *La Montre: principes et methods de fabrication*. Lausanne: Editions Scriptor s.a., 1993.



**Figura 407. Reloj de pulsos [MFH sn].**

Reloj avisador [MFH sn] (figura 409). Foto número: 230. Este aparato fue fabricado por la casa *Gehtnicht* y fue distribuido por la casa *M. Álvarez, material científico*, casa de distribución sita en la calle Mayor, número 76 de Madrid, España. Son sus medidas: 25,5 cm de altura, 5,8 cm de ancho y 15,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal, cristal y madera. Su estado de conservación es bueno, funciona, y se encuentra parcialmente oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 408. Relojes de laboratorio.**



**Figura 409. Reloj avisador [MFH sn].**

Reloj avisador [MFH sn] (figura 410). Foto número: 410. Son sus medidas: 11,2 cm de altura, 10,0 cm de ancho y 4,8 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se

halla construido son metálicos. Su estado de conservación es funciona; en buen estado, necesita retoques de pintura. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.



**Figura 410. Reloj avisador [MFH sn].**





## 21. MEDIDAS DE MASAS

Abordamos aquí uno de los capítulos más extensos de la colección, donde se incluyen nada menos que 45 instrumentos: dieciocho balanzas de mano, seis balanzas-granatario, dos de Roberval, dos balanzas para papelillos, una balanza doble, catorce interesantísimas balanzas de precisión, una de un solo platillo, otra microquímica, una de Gambey y una microbalanza, junto con una no muy antigua balanza de torsión, con algunos accesorios. La historia de la balanza es poco conocida y se suelen hacer múltiples especulaciones<sup>309</sup>. Sin duda, las sociedades primitivas tenían poca necesidad de pesar objetos. Si una persona necesitaba algo de otra, probablemente efectuaba un trueque. Sin embargo, el oro se consideró valioso desde el principio, y los egipcios inventaron la balanza precisamente para pesarlo. La encontrada en una tumba egipcia, en Neqada, data del 3500 aC. En Babilonia, en el 2600 aC, ya se utilizaban pesas normalizadas. Las balanzas egipcias están representadas en numerosas pinturas murales y papiros. En el Libro de los muertos, por ejemplo, que data del tercer milenio aC, aparece un platillo colgado de una cuerda en el extremo de un brazo de balanza suspendido de un soporte central; las pesas están en un platillo en el otro extremo. En Roma se popularizó la balanza denominada romana. Sus dos brazos tenían distinta longitud y el objeto que se quería pesar se colgaba del más corto. A lo largo del brazo largo se deslizaba un peso, o pilón, hasta que los brazos quedaban en equilibrio. La distancia recorrida por el pilón indicaba el peso del objeto<sup>310</sup>. La balanza de brazos sigue teniendo numerosos usos, especialmente en los laboratorios. En la balanza de cruz los brazos oscilan sobre un filo de cuchilla, generalmente de ágata. El platillo que contiene el objeto y el que contiene las pesas están suspendidos de filos de cuchilla, que brindan mayor

---

<sup>309</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores: *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 239.

<sup>310</sup> GRAHAM, J. T.: *Weight and measures*. London: Shire Publications Ltd, 1979.

precisión. Un tipo de balanza más reciente sólo dispone de un platillo, y las pesas se sitúan en un dispositivo situado encima hasta que el brazo se equilibra<sup>311</sup>.

Las más complejas microbalanzas utilizadas en los laboratorios científicos funcionan de otra forma. Muchas utilizan el electromagnetismo: una corriente eléctrica atraviesa una bobina que produce un efecto magnético que equilibra el brazo. Cuanto mayor sea el peso ejercido en el brazo, mayor será la corriente que se deba aplicar; los pesos se indican en escalas calibradas. Algunas microbalanzas se basan en las propiedades regulares y mensurables de la torsión de la fibra de cuarzo y son tan sensibles que pueden medir hasta una millonésima de gramo. Las balanzas se han utilizado tradicionalmente por todos los químicos a lo largo del tiempo. Algunos autores suelen considerar la obra de Antoine Lavoisier<sup>312</sup> como el punto de partida del empleo sistemático de las balanzas en química, gracias al uso del principio de conservación de la masa, afirmación solo parcialmente correcta, ya que la balanza era un instrumento básico para los “ensayadores de metales”. En cualquier caso, el establecimiento de las leyes químicas cuantitativas a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX supuso un mayor protagonismo de la balanza dentro de la química. El desarrollo de los métodos gravimétricos de análisis durante el siglo XIX obligó a la búsqueda de balanzas más cómodas y precisas para el trabajo cotidiano de los químicos.

También hay que citar la balanza de torsión de Cavendish<sup>313</sup>, dispositivo que mide fuerzas eléctricas, magnéticas o gravitatorias muy pequeñas a partir del ángulo que forma un brazo al girar, antes de que la resistencia ejercida por la fuerza de torsión detenga su movimiento<sup>314</sup>. Fue diseñada originalmente por el geólogo británico John Michell, y mejorada por el químico y físico de la misma nacionalidad Henry Cavendish<sup>315</sup>. El instrumento

---

<sup>311</sup> BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6ª ed., París: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834. (Op. Cit.) p. 68

<sup>312</sup> BENSUADE-VINCENT, BERNADETTE: *Dans le laboratoire de Lavoisier*. París: Nathan D. L., 1993.

<sup>313</sup> BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6ª ed., París: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834. (Op. Cit.) p. 78

<sup>314</sup> RESAGING, COULOMB (BLONDEL, CHRISTINE, Ed.): *Usages, controversies et replications autour de la balance de torsion*. Firenze: Leo S. Olschki, 1994.

<sup>315</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 221-222.

fue inventado de forma independiente por el físico francés Charles de Coulomb<sup>316</sup>, que lo empleó para medir la atracción eléctrica y magnética<sup>317</sup>. Una balanza de torsión está formada por dos esferas pequeñas, que suelen tener una masa del orden de 1 g y van unidas a los extremos de una varilla horizontal suspendida por su centro de un alambre fino o, en los experimentos más recientes, de una fibra de cuarzo. Si, por ejemplo, se colocan dos esferas grandes de plomo junto a las esferas de la balanza, pero en lados opuestos, las esferas de la balanza se verán atraídas por las esferas grandes y el alambre o la fibra experimentará una torsión. El grado de torsión se mide a través del movimiento de un rayo de luz reflejado por la varilla sobre una escala. Esto permite hallar la fuerza gravitacional entre las dos masas. En los experimentos eléctricos, las masas se sustituyen por conductores cargados, mientras que para estudiar los efectos magnéticos se emplean dos imanes.

Asimismo hay que mencionar la balanza de Roberval (figura 411), balanza de dos brazos circulares y base alta de madera, donde generalmente se ubica el fiel de la balanza<sup>318</sup>. Las medidas se realizan comparando la masa del cuerpo con las pesas



**Figura 411. Balanza de Roberval.**

A lo largo de la historia, en muchos laboratorios existieron balanzas analíticas, con el cometido de determinar masas con precisión<sup>319</sup>, balanzas albergadas dentro de una carc-

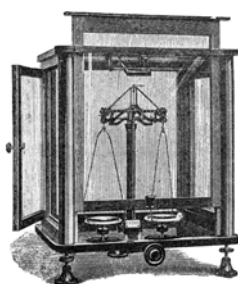
---

<sup>316</sup> RESTAGING, COULOMB: *Usages, controversies et replications autour de la balance de torsion*. Firenze: Leo S. Olschki, 1994.

<sup>317</sup> GAMOV, GEORGE: *The great physicists: from Galileo to Einstein*. New York: Dover Publications Ins., 1988 (Op. Cit.).

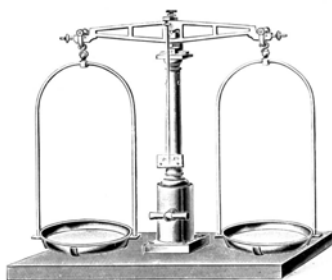
<sup>318</sup> ZUPKO, RONALD EDWARD: *Revolution in Measurement: Western european weights and measures since the Age of Science*. Philadelphia: The American Philosophical Society.

sa de madera, con cristales en las puertas laterales, frontal, trasera y, muchas veces, techo (figura 412). Solían poseer un mecanismo para detener su movimiento o para activarlo y poder realizar las pesadas; este mecanismo afectaba al sistema de suspensión de los brazos<sup>320</sup>. Generalmente disponían de un accesorio neumático para la oscilación y admitían pesos de hasta 200 g, con una sensibilidad de 0,1 mg.



**Figura 412. Balanza analítica.**

Otra variante histórica ha sido la balanza de dos brazos iguales, donde ambos se soportaban en un tronco común, con el inevitable mecanismo de suspensión anclaje (figura 413).



**Figura 413. Balanza de dos brazos.**

---

<sup>319</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores: *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 151.

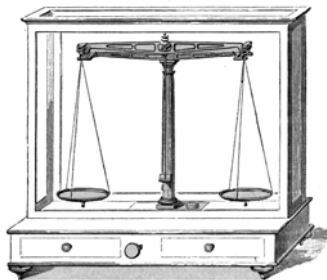
<sup>320</sup> BROWN, OLIVIA: *Whipple Museum of the History of Science (Cambridge), Balances and Weights*. Cambridge: Whipple Museum of the History of Science (Cambridge), 1982.

Existen muchos tipos de balanzas. Actualmente, las balanzas se dividen en mecánicas y electrónicas. Dentro de aquellas, tenemos que hablar en primer lugar de balanzas granatario o granatarios (figura 414), cuya disposición actual es una balanza construida en acero, con cojinetes de ágata y cuchillas de acero tratado, equipadas con mando de bloqueo, tuercas niveladoras, nivel, pies regulables y caja de pesas. Su capacidad generalmente es de 200 g a 1000 g y su sensibilidad, de 0,02 g.



**Figura 414. Balanza granatario.**

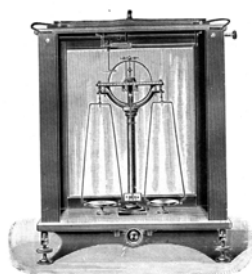
Algunas veces, las balanzas granatario poseen un mueble de madera noble (figura 415). Estas, por su fácil utilización, principalmente son usadas en docencia para explicar los fundamentos de la pesada y en laboratorios industriales. Suelen incluir juegos de pesas.



**Figura 415. Balanza granatario con mueble de madera.**

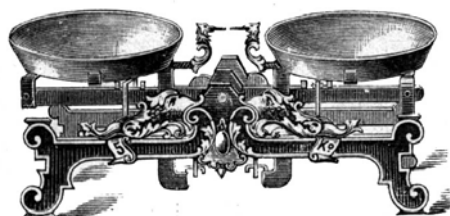
El siguiente escalón de nuestra clasificación lo conforman las balanzas mecánicas de precisión, habitualmente construidas con patas regulables, dentro de una urna de cristal

para evitar corrientes de aire (figura 416). Alcanzan una precisión elevada de hasta una décima de miligramo, según los modelos.



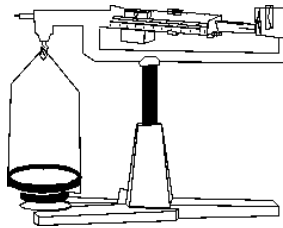
**Figura 416. Balanza mecánica de precisión.**

Las balanzas de dos platos (figura 417) también se suelen construir en acero con cuchillas de acero tratado y cojinetes de ágata. Incluyen juego de pesas y su capacidad, según modelo, generalmente oscila entre 100 g a 5000 g; sensibilidad: generalmente, 1 g; incluye juego de pesas en estuche.



**Figura 417. Balanza de dos platos.**

Otra variante (figura 418) la constituyen las balanzas monoplato de pesas corredizas, de lectura directa y rápida pesada, fabricadas en fundición de metal ligero con amortiguación magnética, cojinetes de ágata, cuchillas de acero templado y plato de acero inoxidable. Su capacidad habitual es de 500 g a 5000 g y su sensibilidad, de 0,1 g.



**Figura 418. Balanzas monoplate de pesas corredizas.**

Balanza de mano [MFH 872] (figura 419). Foto número: 398. Posee sitio para 5 pesas, pero sólo hay 4, con MFH 878. Este aparato fue fabricado por *Joseph Planes*, refinador de los pesos del Rey, en la ciudad de Valencia, España, en el año 1758. Son sus medidas: 15,2 cm de altura, 12,7 cm de ancho y 4,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son de metal, colgando cada uno de los platillos de tres cuerdas. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta balanza fue donada al Museo por el Dr. Gamir.



**Figura 419. Balanza de mano [MFH 872].**



Balanza de mano [MFH 873] (figura 420). Foto número: 394. Posee sitio para 6 pesas cuadradas (solo hay 5) y se han añadido 4 pesas cuadradas. Son sus medidas: 14,0 cm de altura, 11,6 cm de ancho y 4,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, colgando cada uno de los platillos de tres cuerdas, y su estuche es de madera. Su estado de conservación permite ver que la balanza se encuentra muy oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta balanza fue una donación al Museo de D. Miguel Relaño, farmacéutico de Sigüenza (Guadalajara).



**Figura 420. Balanza de mano [MFH 873].**

Balanza de mano [MFH 900] (figura 421). Foto número: 400. Posee 2 pesas grandes y 5 pesas pequeñas de placa MFH 1496. Este aparato fue fabricado por la casa *José Martínez*, en Sevilla, España, en el año 1826. Son sus medidas: 18,7 cm de altura, 14,4 cm de an-

cho y 5,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, colgando cada uno de los platillos de tres cuerdas. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta balanza fue adquirida a Ángel Lucas por 350 Ptas.



**Figura 421. Balanza de mano [MFH 900].**

Balanza de mano [MFH 901] (figura 422). Foto número: 387. Este aparato fue fabricado por *Pedro Miguel*, “constructor de pesos autorizado por su Majestad el Rey”, en la ciudad de Sevilla, España, en el año 1769. Son sus medidas: 20,2 cm de altura, 15,1 cm de ancho y 5,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, colgando cada uno de los platillos de tres cuerdas, con una caja de madera fina recubierta de raso. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidada. En el

momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta balanza fue adquirida a Ángel Lucas por 350 ptas.



**Figura 422. Balanza de mano [MFH 901].**

Balanza de mano [MFH 902] (figura 423). Foto número: 396. Posee 6 pesas. Son sus medidas: 15,5 cm de altura, 13,4 cm de ancho y 4,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, colgando cada uno de los platillos de tres cuerdas. Respecto a su estado de conservación, está oxidada, con su caja de madera forrada con bordes rotos. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta balanza fue adquirida a Ángel Lucas por 350 Ptas.



**Figura 423. Balanza de mano [MFH 902].**

Balanza de mano [MFH 914] (figura 424). Foto número: 383. Son sus medidas: 19,4 cm de altura, 18,5 cm de ancho y 6,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, colgando catenularmente su único platillo de tres cadenas. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta balanza fue adquirida a Valentín Benavente por 80 ptas.



**Figura 424. Balanza de mano [MFH 914].**

Balanza de mano [MFH 930] (figura 425). Foto número: 392. Posee 6 pesas grandes y 5 pequeñas. Son sus medidas: 14,5 cm de altura, 12,1 cm de ancho y 4,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, colgando cada uno de los platillos de tres cuerdas. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidada y la caja está muy deteriorada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 425. Balanza de mano [MFH 930].**

Balanza de mano [MFH 938] (figura 426). Foto número: 384. Este aparato fue fabricado por la casa *Thomas Harrison Scale Maker*, en Cannon Street, en la ciudad de Londres, Inglaterra. Exhibe el número de serie 71. Son sus medidas: 21,4 cm de altura, 17,0 cm de ancho y 6,7 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, colgando cada uno de los platillos de tres cuerdas. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta balanza fue comprada (junto con su caja) en el Rastro madrileño por 500 ptas.





**Figura 426. Balanza de mano [MFH 938].**

Caja para una balanza de mano [MFH 938] (figura 427). Foto número: 395. Esta caja fue y es la de la anterior balanza MFH 938, fabricada por la casa *Thomas Harrison Scale Maker*, en Cannon Street, en la ciudad de Londres, Inglaterra. Exhibe el número de serie 71. Son sus medidas: 2,6 cm de altura, 25,0 cm de ancho y 10,0 cm de fondo. La caja es metálica y en el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Caja y balanza fueron compradas en el Rastro por 500 Ptas.



**Figura 427. Caja para una balanza de mano [MFH 938].**

Balanza plegable para pesar papelillos [MFH 1032] (figura 428). Foto número: 397. Su utilidad aplicativa general consistió en pesar piezas de oro, pero su utilidad farmacéutica era pesar papelillos medicamentosos. Medidas de la balanza plegada: 0,9 cm de altura, 12,4 cm de ancho y 1,6 cm de fondo. Extendida, son sus medidas: 6,4 cm de altura, 24,2 cm de ancho y 1,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son de latón. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.





**Figura 428. Balanza plegable para pesar papelillos [MFH 1032].**

Balanza de mano [MFH 1033] (figura 429). Foto número: 386. Posee siete pesas. Son sus medidas: 15,5 cm de altura, 12,8 cm de ancho y 3,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, colgando cada uno de los platillos de tres cuerdas, estuche de madera y paño. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. La balanza fue donada al Museo por el farmacéutico don José Úbeda Sarachaga.



**Figura 429. Balanza de mano [MFH 1033].**

Balanza de mano [MFH 1331] (figura 430). Foto número: 388. Posee accesorios con pesas concéntricas de hasta 1 libra. Son sus medidas: 37,0 cm de altura, 23,2 cm de ancho y 12,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, colgando cada uno de los platillos de tres cuerdas. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. La balanza fue donada por los Laboratorios Parisis SA, en concreto por d. Ramón Garrrote Martínez, director gerente de esos laboratorios, sitos en la calle Juan de Juanes número 8, de Madrid.



**Figura 430. Balanza de mano [MFH 1331].**

Balanza de mano [MFH 1333] (figura 431). Foto número: 391. Posee sitio para 6 pesas, pero sólo hay cuatro, de 27, 15, 8 y 6 gramos. Son sus medidas: 14,6 cm de altura, 12,1 cm de ancho y 4,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, colgando cada uno de los platillos de tres cuerdas, y su caja es de madera tapizada. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Procede de una donación, ignorándose de quien.



**Figura 431. Balanza de mano [MFH 1333].**

Balanza de mano [MFH 1350] (figura 432). Foto número: 389. Posee una caja, que alberga la balanza y cinco pesas. En este aparato se puede leer la inscripción: “*soy del almacén del Ospital de Santa Cruz*” (sic), año 1781. Son sus medidas: 15,0 cm de altura, 12,0 cm de ancho y 4,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, colgando cada uno de los platillos de tres cuerdas. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. La balanza fue adquirida al Sr. Lucas.



**Figura 432. Balanza de mano [MFH 1350].**

Balanza de mano [MFH 2675] (figura 433). Foto número: 390. Posee sitio para seis pesas, aunque sólo hay cinco. Son sus medidas: 20,5 cm de altura, 8,9 cm de ancho y 4,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, colgando cada uno de los platillos de tres cuerdas, y su estuche es de madera. Su estado de conservación hace ver que está oxidada, pero es en general bueno y le falta una pesa. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. La balanza fue donada al Museo por el Sr. Gomis.



**Figura 433. Balanza de mano [MFH 2675].**

Balanza de mano [MFH 2803] (figura 434). Foto número: 385. Posee tiene nueve pesas y data del año 1894. Son sus medidas: 14,9 cm de altura, 15,8 cm de ancho y 4,7 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, colgando cada uno de los platillos de tres cuerdas, con una caja de madera muy fina e indicaciones en un papel escrito a mano con plumilla. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta balanza se empleaba para pesar monedas de oro y fue una donación del Sr. Lovris.



**Figura 434. Balanza de mano [MFH 2803].**

Balanza de mano [MFH 3420] (figura 435). Foto número: 125. Son sus medidas: 12,7 cm de altura, 13,1 cm de ancho y 4,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, platillos de latón, cuerdas de donde cuelgan ambos platillos (tres en cada platillo) . Su estado de conservación es parcialmente oxidada, con su caja de madera rajada. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta balanza perteneció a D. Obdulio Fernández.





**Figura 435. Balanza de mano [MFH 3420].**

Balanza de mano [MFH 3421] (figura 436). Foto número: 126. Este aparato fue fabricado por “*Juan Francisco Montalbo, contraste y refinador de pesos de todas calidades, en la ciudad de Pamplona, reino de Navarra, en el año 1728*”. Son sus medidas: 19,8 cm de altura, 14,9 cm de ancho y 5,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, platillos de latón, cuerdas de donde cuelgan los platillos (tres en cada platillo). Su estado de conservación: la cruz se halla oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. La balanza tiene cinco pesas y tres chapitas, y fue una donación al Museo del farmacéutico Ángel Calles Michelena.





**Figura 436. Balanza de mano [MFH 3421].**

Balanza de mano [MFH 1414] (figura 437). Foto número: 393. Posee 6 pesas (onzas). Este aparato fue fabricado por *Joaquín Campos*. Son sus medidas: 14,0 cm de altura, 11,5 cm de ancho y 3,9 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, colgando cada uno de los platillos de tres cuerdas. Su estado de conservación nos hace ver que la caja es muy vieja, mientras que la balanza está en muy buen estado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta balanza fue donada al Museo, pero ignoramos de quién fue dicha donación.



**Figura 437. Balanza de mano [MFH 1414].**

Balanza de mano [MFH 4329] (figura 438). Foto número: 399. Suponemos que debería tener seis pesas, etiquetadas MFH 971. Tenía sitio para seis pesas (de las cuales sólo hay tres) y para dos pesas de tipo placa (de las cuales sólo hay cuatro). Este aparato fue fabricado por *José Menaya* refinador de pesos de la ciudad de Valencia, España, en la Calle Cerrajeros. Son sus medidas: 19,5 cm de altura, 12,8 cm de ancho y 4,9 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, colgando cada uno de los platillos de tres cuerdas. Su estado de conservación hace ver que este instrumento está oxidado, pero su caja de madera forrada está en buen estado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 438. Balanza de mano [MFH 4329].**

Balanza de carga de laboratorio [MFH 1090] (figura 439). Foto número: 118. Este aparato fue fabricado y distribuido por la casa *Federico Bonet S.A.*, calle Infantas, número 31, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 48,7 cm de altura, 38,5 cm de ancho y 17,9 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: soporte de madera, balanza metálica. Su estado de conservación necesita limpieza, superficies. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10, en la vitrina. Esta balanza fue adquirida para el Museo a la Farmacia de Tauler, calle San Marcos, esquina a la Costanilla, que era de la cuñada de d. Salvador Rivas.



**Figura 439. Balanza de carga de laboratorio [MFH 1090].**

Balanza (granatario) [MFH 1373] (figura 440). Foto número: 341 y en el siglo XIX. Son sus medidas: 57,0 cm de altura, 34,4 cm de ancho y 18,0 cm de fondo. En cuanto a los materiales con los que este instrumento se halla construido son: su caja es de madera, la balanza metálica y el indicador, cerámico. Su estado de conservación es bueno en términos generales, aunque la caja de madera necesita restauración y la balanza está algo oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta balanza fue donada al Museo por la cátedra de Técnica Física, el día 23 de febrero de 1959.



**Figura 440. Balanza (granatario) [MFH 1373].**

Balanza (granatario) [MFH 2806] (figura 441). Foto número: 347. La balanza fue construida en el siglo XVIII. Son sus medidas: 65,8 cm de altura, 44,7 cm de ancho y 27,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: caja de madera con dos cajones plúteos. La balanza se encuentra oxidada, su cajón izquierdo restaurado y el cajón derecho rajado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. La balanza exhibe una placa donde se especifica que fue donada por la Junta Superior de Farmacéuticos de Madrid.



**Figura 441. Balanza (granatario) [MFH 2806].**

Balanza doble [MFH 2907] (figura 442). Foto número: 346. Posee tiene cuatro pesas. Fue construida en el siglo XIX. Son sus medidas: 84,0 cm de altura, 49,5 cm de ancho y 28,4 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta balaza procede del Real Colegio de San Fernando, Madrid, institución antecesora de la Facultad de Farmacia de Madrid<sup>321</sup>.

---

<sup>321</sup> Desde principios del siglo XIX los estudios oficiales de Farmacia estuvieron vinculados al Real Colegio de Farmacia de San Fernando, creado en 1804. El Real Colegio impartió sus clases en sus locales de la calle de Atocha hasta 1827, cuando se trasladó a la calle San Juan, actual calle de la Farmacia. En 1843 se suprimió el Real Colegio de San Fernando, y sus enseñanzas, junto con las del Real Colegio de Medicina y Cirugía de San Carlos, pasaron a ser impartidas por la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Central. En 1845, la Facultad de Ciencias Médicas se dividió en dos: por un lado la Facultad de Medicina, y por otro la Facultad



**Figura 442. Balanza doble [MFH 2907].**

---

de Farmacia, única existente junto con la de Barcelona; el plan de estudios constaba de cinco años de bachillerato -reducidos a cuatro en 1850, dos de licenciatura y uno de estudios de doctorado. La Ley Moyano de 1857 amplió las Facultades de Farmacia con las de Santiago y Granada, aunque sólo en Madrid podría obtenerse el doctorado; el plan de estudios subsiguiente, de 1858, redujo el bachillerato a tres años. En 1886, suprimido el grado universitario de bachiller, los estudios se estructuraron en dos grados, licenciado y doctor (el grado de Doctor sólo podía obtenerse en Madrid), más un curso preparatorio y selectivo, de carácter generalista. En 1928 se dispone que los estudios de licenciado deberán durar cinco años, sin necesidad de un curso preparatorio, aunque algunas de las asignaturas pueden cursarse en la Facultad de Ciencias; además, se abre la posibilidad de obtener el doctorado en otras universidades. En 1931 se dictaría un plan provisional, en cinco años, que perduraría hasta la promulgación de otro, también de cinco años, en 1944. El año anterior se había vuelto a inaugurar el nuevo edificio de la Facultad en la Ciudad Universitaria (había sido inaugurado ya en 1936, pero no utilizarse por la guerra civil). En 1952 vuelve a establecerse un curso previo generalista y selectivo. Desde 1965 este curso, común con la Facultad de Ciencias desde ese año, se integra en la licenciatura, que de este modo vuelve a constar de cinco años. En 1973 los estudios de licenciado en Farmacia se estructuran en dos ciclos, de tres y dos años respectivamente, más un tercer ciclo para el doctorado. Finalmente, en 1993 se instaura el actual sistema de créditos, para adaptarse a la normativa de la Unión Europea.

Balanza (granatario) [MFH sn] (figura 443). Foto número: 060. Son sus medidas: 64,0 cm de altura, 65,0 cm de ancho y 32,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos y posee un soporte de madera. Su estado de conservación general es bueno, aunque faltan los dos platillos y necesita ajuste. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta balanza fue inventariada en 1984, recibiendo el número de inventario 4014365.



**Figura 443. Balanza (granatario) [MFH sn].**

Balanza (granatario) [MFH sn] (figura 444). Foto número: 421. Este aparato fue fabricado por la casa *Sartorius*, en la ciudad de Göttingen, Alemania. Exhibe el número de serie 1928. Son sus medidas: 49,0 cm de altura, 63,0 cm de ancho y 30,0 cm de fondo. Los



materiales con los que este instrumento se halla construido son de metal, con un soporte de madera. Respecto a su estado de conservación, le faltan los platillos, requiere limpieza y su uña indicadora está doblada. En el momento de la foto, se encontraba en dependencias de la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta balanza fue inventariada en 1984, recibiendo el número de inventario UCM 4014368.



**Figura 444. Balanza (granatario) [MFH sn].**

Balanza (granatario) [MFH sn] (figura 445). Foto número: 159. Posee escalas de medida, de +7 izq., 0, +7 dcha. 1, 2, 3 Kg. Este aparato fue fabricado por la casa *AMA*. Son sus medidas: 49,5 cm de altura, 49,5 cm de ancho y 14,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con la base de madera. Su estado de conservación es muy bueno, con el tornillo izquierdo doblado. En el momento de la

foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales, en el despacho del Prof. Dr. Benito del Castillo.



**Figura 445. Balanza (granatario) [MFH sn].**

Balanza de Roberval (granatario) [MFH sn] (figura 446). Foto número: 161. Posee escalas de medida, de 19 Kg. Este aparato, inventado por Roberval<sup>322</sup>, fue fabricado por la

<sup>322</sup> Gilles Personne de Roberval nació en Senlis, el 10 de agosto de 1602 y murió en París el 27 de octubre de 1675. Su padre fue un humilde granjero, igual que sus antecesores. Poco se sabe de la educación de Gilles Personne de Roberval; sólo que fue educado en una escuela común, junto a otros muchos niños, y luego se independizó de su familia, a una edad que desconocemos. Comenzó a estudiar matemáticas a los catorce años y trabajó en varias regiones, viviendo de las clases particulares que impartía. Continuó luego su propia autoeducación, asistiendo a clases universitarias. En Burdeos pudo ser discípulo de Fermat y François du Verdur, asistiendo a la universidad. Roberval alcanzó un cierto conocimiento sobre Matemáticas (geometría infinitesimal), Mecánica y Física, así como de Ciencias Naturales. Roberval escribió el libro “Tratado de los indivisibles” (*Traité des indivisibles*), así como algunos tratados sobre álgebra y geometría analítica. Su método de la “composición de los movimientos” le llevó a ser considerado fundador de la Geometría Cinemática. Muchos de sus escritos fueron publicados en colecciones de otros miembros de la Academia de Ciencias, donde

casa FZA. Son sus medidas: 27,2 cm de altura, 60,0 cm de ancho y 26,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es excelente. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales, en el despacho del Prof. Dr. Benito del Castillo.



**Figura 446. Balanza de Roberval (granatario) [MFH sn].**

---

había ingresado en 1693. Realmente, Roberval fue eclipsado por Fermat, Pascal o Descartes. Tan solo dos de las obras de Roberval se publicaron separadamente: “Tratado de Mecánica” (*Traité de mécanique*, 1636) y una sistematización del Mundo (Aristarchi Samii de mundi systemate, 1644). En el periodo 1644-1648, Roberval estableció estrechas relaciones con científicos italianos, fruto de las cuales surgieron experimentos barométricos. También en 1647, polemizó con Descartes sobre la oscilación del péndulo compuesto. Sabemos que profesionalmente Roberval trabajó como maestro de escuela, académico y oficial del gobierno. Queda dicho que abandonó pronto la casa de sus padres y viajó por varias regiones de Francia, viviendo de las clases particulares. En 1628 llegó a Paris y contactó con el círculo de Mersenne, donde, entre otros asistentes, estaban Claude Mydorge, Claude Hardy, Etienne y Blaise Pascal. Fue nombrado Profesor de Filosofía en el Colegio de Maitre Gervais en 1632, donde sobre todo enseñaba Matemáticas, profesión que mantuvo hasta su muerte, pero no en Maitre Gervais, sino en el Colegio Real, puesto que ganó en 1634 frente a Ramus. En 1699 presentó en la Academia de Ciencias los planos de un tipo original de balanza, que luego tomaría el nombre de su autor (“balanza de Roberval”). En la Academia participó con Picard en los trabajos cartográficos, ayudando a identificar las regiones de Francia.

Balanza de Roberval (granatario) de 2 Kg [MFH 4898] (figura 447). Foto número: 112, izquierda de la foto. La balanza fue fabricada por la casa *Federico Bonet S.A.*, calle Infantas, número 31, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 19,5 cm de altura, 40,0 cm de ancho y 16,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con un soporte de madera. Su estado de conservación es bueno y sólo necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10, en la vitrina.



**Figura 447. Balanza de Roberval (granatario) [MFH 4898] y caja de pesas [MFH 4095].**

A la derecha de la foto (figura 447) se puede observar una caja de pesas para catorce pesas [MFH 4095], dotación de la anterior balanza de Roberval o granatario de 2 Kg [MFH 4898]. A pesar de que posee sitio para catorce pesas, sólo hay diez de las mismas: de 2 libras, 500, 200, 100, 100, ¿50? ¿? ¿? ¿? ¿?; las pesas fueron fabricadas por la casa *Federico Bonet S.A.*, calle Infantas, número 31, en Madrid, España<sup>323</sup>. Son sus medidas: 10,0 cm de

<sup>323</sup> En todo caso, la función normalizadora de las balanzas ha sido históricamente, su principal cometido, por encima de otras determinaciones. Ya en China, existieron el “*Catty*” (600 gramos) y el “*kin*” (15 kg). En el antiguo oriente, existían medidas patrón de peso, como el “*kúr*” babilonio (equivalente a 2000 sila), es decir, a unas 500 toneladas; la “*mina*” (60 siclos), 600 gramos. Una medida hitita del s. XIII a.C. fue el “*parisu*”: 60 litros o Kg. Las citadas medidas antiguas “*siclo*”, unidad básica, equivalente a 11,4 gramos de plata; la “*sila*”, medida del antiguo oriente, ambigua medida de capacidad y de peso, que equivalía a 0,84 litros u 840 gramos y ya más modernamente, entre los griegos, el “*talento*”, que equivalía a 50 minas (3000 siclos), esto es, 30 Kg. En el Antiguo Testamento hallamos la “*gera*”, 1/20 del siclo, equivalente por tanto a 57 gramos de plata, la “*libra de plata*” (50 siclos), equivalente a 570 gramos de plata). Otras medidas hebreas de peso fueron: el citado “*talento*”, equivalente a 34 kilogramos; la “*blanca*” (en griego *lepton*), 1/8 de asarlon; el “*cuadrante*” (en griego *kodrantēs*), un cuarto de asarlon y el “*cuarto*” (en griego *asarlon*) 1/16 denario, siendo la medida pecuniaria básica el *denario*, que representaba por lo general el salario diario de un jornalero, casi 4 gramos de plata. Entre los griegos, existió la “*dracma*”, que poseía un valor aproximadamente igual al del denario, o sea, 3,6 gramos de plata; la citada “*libra de plata*”, que equivalía a 100 dracmas, 360 gramos de plata, la “*libra*”, equivalente a 327,5 gramos. También entre los griegos había “*siclos*” (4 dracmas, 14,4 gramos de plata) y *talentos* (6000 dracmas, 21,6 Kg de plata). Citaremos asimismo el “*daraica*”, en griego *dareikos*, moneda de oro persa acuñada por Darío I y que luego designaría también las monedas de oro de otros grandes reyes; equivalía a 20 *sigloi*, *shekels* de plata. Se puede decir que la “*dracma*”, medida de peso y moneda después, fue durante mucho tiempo el sueldo base de soldados, artesanos, etc. La “*dracma ateniense*” (de 6 óbolos) era la seismilésima parte de un talento, 4,4 gramos. Otra medida temporal fue el “*estáter*” o “*estátera*”, equivalente entre 8,1 y 8,7; los acuñados por Filipo y Alejandro de Macedonia equivalían a 20 dracmas de plata. El “*óbolo*” pesaba unos 0,73 gramos, mientras que la mina poseía un valor de 100 *dracmas* ó 60 *shekels*, es decir, 404 gramos. En la sociedad romana, las monedas más populares eran las siguientes: la que tenía a Juno en una de sus caras y equivalía a una libra romana o sea 300 gramos; el “*denario*” (*denarius*) era 10/12 de libra romana o 250 gramos; la “*libra romana*”, algo menos de 300 gramos; el “*quinarius*”, medio Denario romano, 125 gramos; el “*sestercio*”, un cuarto de denario romano, 2/12 y medio del peso unitario, la libra romana, o sea mas o menos 40 gramos; el “*shekel*” (7,3 gramos) y se siguió manejando el “*talento*” griego, equivalente a 60 minas, o sea, 24,2 Kg. Posteriormente, en la Edad Media, hay que citar el “*denario carolingio*”, que se comenzó a utilizar a fines del siglo VIII en el imperio de Carlomagno. Llamado “*buen denario*”, tenía 1,7 gramos de plata, que equivalía a un corte de 1/240 de la libra nueva de Carlomagno, cuyo valor era de 15 onzas romanas. En la Castilla de los siglos XV, XVI, XVII y XVIII encontramos el “*castellano*”, 1/50 de marco de oro; el “*dineral*”, 24 quilates para el oro y 12 dineros para la plata; el “*dinero*”, 19 gramos; el “*doblón*”, pieza de oro de 2 escudos (6,8 gramos) y también se aplicaba tal nombre a la pieza de 4 escudos (27,20 gramos) y de 8 escudos (54,4 gramos); el “*ducado de plata*”, equivale a 11 reales y 1 maravedí; el “*ducado*”, equivalente a 11 reales (37,76 gramos de plata); el “*escudo*”: 3,40 g. de oro, equivalente a 10 reales; el “*marco*” (1/2 libra, equivalente a 230,046 gramos); la “*onza*” (1/8 de marco de plata, equivalente a 28,75 gramos); la “*pelucona*”, un doblón de a ocho escudos; el “*peso ensayado*”, que equivalía a 450 maravedies de cobre; el “*peso*”, pieza de plata equivalente a 8 reales, o sea, 27,46 gramos; el “*quilate*” (9,5 gramos); el “*quintal*” (46 Kg); el “*maravedí*”, moneda de cobre muy pequeña, de uso muy común solo en España; el “*real de plata*”, que equivalía a 34 maravedies o el mismísimo “*real*”, 3,43 g. de plata. El “*señas*” era un disco de plomo, madera u hojalata, que se utilizaba en el Río de la Plata para el vuelto de medio real de plata, práctica que tenía su razón en la endémica falta de maravedies, pudiéndose cambiar los señas luego por reales de plata en el Cabildo de Buenos Aires. El “*tostón*” fue una moneda de cuenta usada, desde el s. XVI, en España y América equivalente a

altura, 24,0 cm de ancho y 7,8 cm de fondo. Los materiales con los que se halla construido son: caja de madera, pesas metálicas y necesita cuidados para restaurar la superficie de las pesas, que se encuentran algo oxidadas. En el momento de la foto, estaba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10, en la vitrina.

Balanza de precisión [MFH 1092] (figura 448). Foto número: 342. Fue fabricada en el siglo XIX y son sus medidas: 30,0 cm de altura, 29,5 cm de ancho y 16,9 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: caja de madera y vidrio, balanza metálica. Su estado de conservación es bueno, aunque la caja de madera presenta dos cristales rotos y la balanza está un poco oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

---

2,5 reales (8,57 gramos). Por centrarnos en las medidas de peso menos antiguas, más recientes, cito el “*adarme*”, 1/16 de onza, equivalente a 1,79 gramos; la “*aroba*”: 25 libras: 11,5 Kg; el “*cahiz*”, 12 fanegas. 56,4 kilos, medida para áridos, sal, harina, granos, etc., el “*cajón*”, medida para minerales, 200 a 240 arrobas, la “*carga de carreta*” (150 a 160 arrobas), la “*carga de mula*” (12 a 14 arrobas), el “*cuarterón*” (1/4 de libra), la “*fanega de trigo*” (9 arrobas, esto es, 103,5 kg), la “*libra*” (460,093 gramos), la “*ochava o dracma*” (1/8 de onza; para medicina se dividía la ochava en 3 escrúpulos, cada uno se podía dividir en 2 óbalos y este se podía dividir, a su vez, en 3 caracteres o granos), la “*onza*” (1/16 de libra, esto es, 28,7 gramos), la “*pesada de cueros secos*” (40 libras, es decir, 18,4 kg), las “*petacas de jabón*” (1/3 de la carga de una mula), el “*quintal*” (4 arrobas, o sea, 46 kg), el “*tercio de yerba*” (7 a 8 arrobas), el “*tomin*” (1/3 de onza), la “*tonelada*” (20 quintales, esto es, 920 kg).

En cuanto a los ingleses, citaré primeramente la “*libra*” (16 onzas, 453 gramos). En términos pecuniarios, la “*libra sterling*” o “*pound sterling*” (la popular libra esterlina), equivale a una libra de plata. Originalmente la libra esterlina se dividía en 20 chelines o *schilling* de 12 peniques o *pence*, también llamado *penni*, cada uno. Y el penique era dividido en 4 *farthings*. Posteriormente, cuando Gran Bretaña entro en el sistema decimal en 1971, la libra se dividió en 100 peniques o *pence*, que pasaron a denominarse “*new pence*”. Por otra parte, estaban el “*lingote*”: (32,17 libras, esto es, 14,59 kg), la “*onza*” (0,0625 libras, esto es, 28,35 gramos), el “*penique*” (0,05 onzas, esto es, 1,55 gramos), el “*quintal*” (100 libras, o sea, 43,3 kg), la “*tonelada (corta)*” (2000 libras, es decir, 907 kg), a diferencia de la “*tonelada (larga)*” estadounidense (2240 libras, o sea, 1016 kg)



**Figura 448. Balanza de precisión [MFH 1092].**

Balanza de precisión [MFH 1103] (figura 449). Foto número: 344. Su fabricación data del siglo XIX. Son sus medidas: 44,7 cm de altura, 52,5 cm de ancho y 27,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: caja de madera y vidrio, balanza metálica. En cuanto a su estado de conservación, sus platillos están bastante oxidados. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Observaciones: la balanza posee dos niveladores, de aceite.



**Figura 449. Balanza de precisión [MFH 1103].**

Balanza de precisión [MFH 1321] (figura 450). Foto número: 340. Fue fabricada en el siglo XIX. Son sus medidas: 31,9 cm de altura, 31,0 cm de ancho y 21,0 cm de fondo. Los materiales con los que se halla construido son: caja de madera y vidrio, balanza de metal. Su estado de conservación es bueno, con los platillos parcialmente oxidados, mientras que la sonda-recipiente cuelga del platillo izquierdo. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta balanza fue donada al Museo por el farmacéutico A. de las Heras.





**Figura 450. Balanza de precisión [MFH 1321].**

Balanza de precisión [MFH 2457] (figura 451). Foto número: 343. Data del siglo XIX y son sus medidas: 44,1 cm de altura, 41,8 cm de ancho y 24,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: caja de madera y vidrio, balanza metálica. Su estado de conservación es bueno; necesita muy poca restauración, la caja de madera está bastante bien y la balanza se halla muy poco oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 451. Balanza de precisión [MFH 2457].**

Balanza de precisión microquímica [MFH 4153] (figura 452). Foto número: 049. Este aparato fue fabricado por la casa *Sartorius Werke*, en la ciudad de Gottingen, Alemania, en el año 1928<sup>324</sup>. Son sus medidas: 36,5 cm de altura, 35,0 cm de ancho y 21,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, su carcasa de madera, con ventanas de vidrio y dispone de una lupa incorporada para observar el fiel de la balanza. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

---

<sup>324</sup> STOCK, JOHN T.: *Development of the chemical balance*. London: Her Majesty's Stationery Office, 1969.



**Figura 452. Balanza de precisión microquímica [MFH 4153].**

Balanza de precisión de Gambey<sup>325, 326</sup> [MFH 7560] (figura 454). Foto número: 004. Son sus medidas: 47,7 cm de altura, 39,1 cm de ancho y 28,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, cristal, interior de metal. Su

---

<sup>325</sup> CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS: *Musée*. Paris: C.N.A.M., 1955. Henri-Prudent Gambey (1787-1847) nació en Troyes el 8 de octubre de 1787. Hijo de un relojero, estudió en la Escuela de Artes y Oficios de Châlons-sur-Marne y luego marchó a París para establecerse como relojero y fabricante de instrumentos de precisión en Faubourg S.-Denis. Arago, quien era director del Observatorio, acudió a Gambey para encargarle algunos trabajos de precisión. Gambey (figura 449) tuvo muchos clientes del Observatorio, de la Oficina de Medidas de Longitud y, en suma, de buen número de los físicos de la época. Fue miembro asociado de las Academias de Estocolmo y de Ginebra, así como de la Oficina de Medidas de Longitud y, desde 1837, de la *Académie des Sciences*. Diez años más tarde, el 28 de enero de 1847, Gambey murió.

<sup>326</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p.18, 21 102, 242, 256, 337. Gambey fabricó numerosos instrumentos de precisión, entre los que destacan un teodolito para Coulomb, un heliostato para Fresnel, un catetómetro o medidor vertical para Dubourg y Petit y diversas creaciones para el Observatorio de París.

estado de conservación es bueno, lo cual hace que todos sus movimientos y giros funcionen correctamente. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.



**Figura 453. Henri-Prudent Gambey (1787-1847).**



**Figura 454. Balanza de precisión de Gambey [MFH 7560].**

Balanza de precisión [MFH 3929] (figura 455). Foto número: 045. Este aparato fue fabricado por la casa *H. Künne y Cia. Lta.*, en la ciudad de Vigo, España. Son sus medidas: 52,0 cm de altura, 41,0 cm de ancho y 25,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con la carcasa de madera y vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 455. Balanza de precisión [MFH 3929].**

Balanza de precisión [MFH 3930] (figura 456). Foto número: 046. Este aparato fue fabricado por la casa *C.E.D.A.C., Central Española de Aplicaciones Científicas*. Son sus medidas: 40,5 cm de altura, 30,0 cm de ancho y 23,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con la carcasa de madera y vidrio.

Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 456. Balanza de precisión [MFH 3930].**

Balanza de precisión [MFH sn] (figura 457). Foto número: 047. Este aparato fue fabricado por la casa *C.E.D.A.C., Central Española de Aplicaciones Científicas*. Son sus medidas: 42,0 cm de altura, 30,0 cm de ancho y 20,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, carcasa de madera y vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 457. Balanza de precisión [MFH sn].**

Balanza de precisión [MFH sn] (figura 458). Foto número: 048. Posee escalas de medida, de 100 g, con una sensibilidad 1 mg. Este aparato fue fabricado por la casa *Les Etablissements Poulenc Frères Constructeurs*, en la ciudad de París, Francia. Exhibe el número de serie 0184. Son sus medidas: 55,5 cm de altura, 46,0 cm de ancho y 22,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, carcasa de madera y vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.





**Figura 458. Balanza de precisión [MFH sn].**

Balanza de precisión [MFH sn] (figura 459). Foto número: 160. Este aparato fue fabricado por la casa *Kaiser and Sievers, Institut Wiesserwgen*, en la ciudad de Hamburgo, Alemania. Exhibe el número de serie C2/1566. Son sus medidas: 42,5 cm de altura, 36,7 cm de ancho y 26,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, carcasa de madera, vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales, en el despacho del Prof. Dr. Benito del Castillo.





**Figura 459. Balanza de precisión [MFH sn].**

Balanza de precisión [MFH sn] (figura 460). Foto número: 345. Este aparato fue fabricado por la casa *Deleui à París*, en la misma ciudad de París, Francia, en el siglo XIX. Son sus medidas: 51,6 cm de altura, 69,2 cm de ancho y 34,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: caja de madera y vidrio, balanza metálica. Su estado de conservación: la balanza está oxidada y la caja de madera necesita restauración. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 460. Balanza de precisión [MFH sn].**

Microbalanza [MFH sn] (figura 461). Foto número: 037. Este aparato fue fabricado por la casa *Sartorius - Werke*, modelo *MDP4/20G*, en la ciudad de Göttingen, Alemania. Son sus medidas: 37,6 cm de altura, 40,0 cm de ancho y 35,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.



**Figura 461. Microbalanza [MFH sn].**

Balanza de precisión de un solo platillo [MFH sn] (figura 462). Foto número: 176. Posee escalas de medida, de cuatro dígitos, cuatro escalas y nivel. Este aparato, modelo *Unimatic*, fue fabricado por la casa *Stanton* y mide 54,5 cm de altura, 34,0 cm de ancho y 34,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, con el visor de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno y el instrumento está en uso. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales, en el laboratorio.



**Figura 462. Balanza de precisión de un solo platillo [MFH sn].**

Microbalanza de torsión de 500 mg [MFH sn] (figura 464). Foto número: 002. Posee escalas de medida, de 200 a 500 mg ( $\pm 1$  mg). Este aparato<sup>327</sup> fue fabricado por la casa

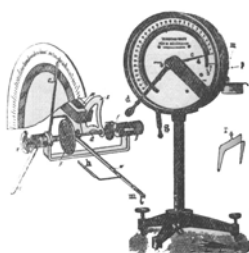
---

<sup>327</sup> La balanza de torsión es un instrumento muy simple. Consiste de una barra que cuelga de un hilo que puede torcerse. Si la barra gira, el hilo tiende a regresarla a su posición original. Cuando llegamos a conocer la fuerza de torsión que el alambre ejerce sobre la barra, tenemos un mecanismo muy sensible para medir fuerzas. Podemos, por ejemplo, colocar una partícula cargada en uno de los extremos de la barra y acercarle un imán u otra carga. Con este dispositivo tan sencillo se han hecho tres experimentos de gran importancia en la historia de la física. Charles Coulomb, ingeniero militar francés, inventó la balanza de torsión en 1777, y puso este delicado instrumento al servicio de la electricidad. Coulomb buscaba mejorar la brújula de los marinos y para ello experimentaba con cargas eléctricas. Colocó una pequeña esfera cargada en la barra de la balanza y luego, a diferentes distancias, otra esferita igualmente cargada. Entonces midió la fuerza entre ellas, fijándose en el ángulo en que la barra giraba. Así encontró en 1785 la ley que rige la fuerza entre dos cargas eléctricas, ley que llamamos de Coulomb en su honor, y que afirma que la fuerza es proporcional al producto de las cargas y disminuye con el cuadrado de la distancia entre ellas. Como en la naturaleza existen dos tipos de cargas, que por convención llamamos positivas y negativas, la ley de Coulomb nos dice también que cargas iguales se repelen y las de signo contrario se atraen. Además, la fuerza eléctrica es, como toda fuerza, un vector que tiene dirección; ésta apunta a lo largo de la línea que une las dos cargas.

Además de la ley de Coulomb, con la balanza de torsión, Cavendish demostró por primera vez la ley de la gravitación universal en un laboratorio terrestre y, en el siglo XIX, el barón de Eötvös la usó para mostrar el principio de equivalencia: la masa inercial es igual a la masa gravitatoria. Este último principio es la base de la teoría general de la relatividad, propuesta por Einstein en 1916. El aparato de Dicke no es sino una versión, moderna y refinada, de la balanza de torsión usada por Coulomb y por Cavendish en el siglo XVIII, y más tarde por Eötvös en 1890. Con este aparato Coulomb encontró cuál es la fuerza que una carga eléctrica ejerce sobre otra; Cavendish confirmó la ley de la gravitación universal, propuesta cien años antes por Newton, y Eötvös estableció la igualdad de la masa inercial y gravitacional de una partícula, que es uno de los principios básicos de la teoría general de la relatividad de Einstein. La balanza de torsión es pues uno de esos aparatos simples, pero muy precisos, que han tenido un papel crucial en la historia de la física, incluyendo la de tiempos recientes. El aparato es sumamente sencillo. Básicamente consiste de un soporte que se encuentra suspendido de un alambre, el cual a su vez está unido a un micrómetro de torsión. En este soporte se suspenden las muestras apropiadas, dependiendo del experimento. El aparato completo se encuentra encerrado en un recipiente con el fin de que no lo afecten las corrientes de aire. Con la balanza de torsión se pueden hacer mediciones cuantitativas de fuerzas de atracción o repulsión entre las muestras e investigar su dependencia con las distancias entre los objetos que las ejercen.

El primero que utilizó la balanza de torsión fue Charles Coulomb en 1784. Con ella investigó la naturaleza de las fuerzas electrostáticas. En una primera serie de experimentos encontró que la fuerza medida con el aparato es proporcional al ángulo de torcedura y que la constante de proporcionalidad depende de las características del alambre usado. Coulomb realizó más experimentos, sobre todo con cuerpos conductores, y fue capaz de dar una expresión completa de la fuerza en términos del estado de electrificación de los objetos y de la distancia de separación entre ellos. Sin embargo, nosotros no nos detendremos en este punto debido a que deseamos hacer una conexión entre sus resultados y los obtenidos por Cavendish. Cuando Lord Cavendish realizó sus experimentos en 1798, hacía más de cien años que Newton había establecido la ley de gravitación universal. Los experimentos de Cavendish con una balanza de torsión fueron semejantes a los realizados por Coulomb, pero en vez de cuerpos cargados utilizó masas. Su primera meta fue la investigación experimental de la ley de la gravitación universal. Tal ley afirma que la fuerza entre dos objetos masivos separados una cierta distancia es directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. La constante de proporcionalidad, conocida como constante gravitacional, fue determinada por Newton a partir de observaciones astronómicas, pero hasta Cavendish no se había hecho una medida de ella en un laboratorio terrestre. Tal medida se logró usando una balanza de torsión con la cual se determinó la fuerza gravitatoria entre dos masas conocidas, separadas una distancia dada. Cavendish tenía otra razón para llevar a cabo su experimento: si conocía el valor de la fuerza gravitatorio entre dos masas dadas, podía determinar no sólo la masa de la Tierra, sino también su densidad promedio. Sus resultados indicaron que tal densidad es aproximadamente 5.48 veces mayor que la densidad del agua. Cuando un siglo antes Newton atacó este problema, tuvo que asignarle a la densidad terrestre un valor igual a cinco veces la densidad del agua, valor que, como vemos, no estaba muy alejado de la realidad. Charles Coulomb (1736-1806) fue uno de los mayores físicos franceses, en cuyo honor la unidad de carga eléctrica se denomina *culombio*; nació Coulomb en Angoulême en 1736 y fue educado en la *Ecole Du Génie* en Mecieres, graduándose en 1761 como ingeniero militar con el grado de primer teniente. En 1774, Coulomb se convirtió en corresponsal de la Academia de Ciencias de París. Compartió el primer premio de la Academia por su artículo sobre las brújulas magnéticas y recibió también el primer premio por su trabajo clásico acerca de la fricción. Durante los siguientes 25 años presentó 25 artículos a la Academia sobre electricidad, magnetismo, torsión y aplicaciones de la balanza de torsión, así como varios cientos de informes sobre ingeniería y proyectos civiles. Coulomb aprovechó plenamente los diferentes puestos que tuvo durante su vida. Investigó y aportó sobre la resistencia de los materiales y a determinar las fuerzas que afectan a objetos sobre vigas, la mecánica estructural, también aportó en el campo de la ergonomía. La mayor aportación de Coulomb a la ciencia fue en el campo de la electrostática y el magnetismo, en el cual utilizó la balanza de torsión desarrollada por él. El artículo que describía esta invención contenía también un diseño para una brújula utilizando el principio de la suspensión de torsión. Su siguiente artículo brindó una prueba de la ley del inverso al cuadrado para la fuerza electrostática entre dos cargas. Coulomb murió en 1806, cinco años después de convertirse en presidente del Instituto de Francia. Su in-

*Hartman & Braun AG*, en la ciudad de Franckfurt, Alemania. Exhibe el número de serie 762135. Son sus medidas: 44,3 cm de altura, 23,4 cm de ancho y 20,4 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. En cuanto a su estado de conservación, puede observarse que la balanza todavía se mueve, pero roza mucho; además, necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10. Esta microbalanza fue inventariada en 1984, recibiendo el número de inventario UCM 4010391.



**Figura 463. Microbalanza de torsión *Bang*.**



**Figura 464. Microbalanza de torsión de 500 mg [MFH sn].**

---

vestigación sobre la electricidad y el magnetismo permitió que esta área de la física saliera de la filosofía natural tradicional y se convirtiera en una ciencia experimental.

Balanza dosificadora de papelillos [MFH 1140] (figura 465). Foto número: 352. Posee diez barquillas dobles de plástico y en la balanza el platillo izquierdo está hueco, para poner las pesas, mientras que el derecho es accionado bajo la barquilla hasta lograr nivelar el fiel. Son sus medidas: 24,5 cm de altura, 20,7 cm de ancho y 21,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: base de madera, barquillas de plástico, balanza de metal. Su estado de conservación: base de madera cajón rajado y abarquillado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento procede del Real Colegio de San Fernando, Madrid, España y fue donada al Museo por el Dr. Rivas Goday.



**Figura 465. Balanza dosificadora de papelillos [MFH 1140].**

## 22. DETERMINACIÓN DE DENSIDADES

Hidrómetros, areómetros y alcoholómetros. La acepción hidrómetro<sup>328</sup> procede del griego (“*hidros*”, agua y “*metros*”, medida) y nos indica un instrumento para determinar la densidad de los fluidos, generalmente líquidos y pocas veces sólidos (figura 466)<sup>329</sup>. Cuando un cuerpo flota en un fluido baja la acción de la gravedad, el peso del cuerpo es igual al del fluido que desplaza (Principio de Arquímedes)<sup>330</sup>. Un hidrómetro está basado en este principio y admite dos modos de empleo en el caso de los fluidos: en primer lugar, se puede comparar los pesos de cuerpos flotando, capaces de desplazar el mismo volumen de diferentes fluidos; en segundo lugar, se puede comparar los volúmenes de diferentes fluidos que desplazan un mismo peso. En este último caso, las densidades de los fluidos serán inversamente proporcionales a los volúmenes así desplazados.



**Figura 466. Diversos tipos de areómetros.**

<sup>328</sup> En cuanto al origen y cronología de los hidrómetros, el primer hidrómetro del que se tiene constatación real fue el llamado de Synesius Cyreneus, inventado por Hypatia en Alejandría, parece que siguiendo indicaciones del mismo Arquímedes, realizadas tres siglos antes; posteriormente parece que fue olvidado hasta que fue “reinventado” por Robert Boyle, quien describió ese “nuevo instrumento de ensayos” en junio de 1675, con solo algunas diferencias, naderías poco importantes respecto al hidrómetro de Nicholson. Este instrumento fue diseñado con el propósito de detectar monedas falsas, especialmente de una guinea y de media guinea. Boyle se refirió a un instrumento de vidrio ya mostrado por él algunos años antes para analizar la densidad de algunos licores u comparar sus densidades.

<sup>329</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 3, 210.

<sup>330</sup> GAMOV, GEORGE. *Biografía de la Física*. Madrid: Alianza Editorial, 1988. (Op. Cit) p. 47.

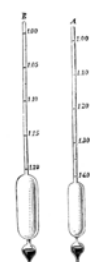


Los hidrómetros son prácticamente densímetros (figuras 467 y 468). Se trata de instrumentos que miden la densidad de los líquidos y, aunque miden densidad, las medidas se expresan generalmente como gravedad específica, esto es el cociente de la densidad de la sustancia dividida por la densidad del agua a la misma temperatura<sup>331</sup>. En las determinaciones más precisas, la referencia ha de ser agua pura bidestilada a 4°C (39,2°F), pero en aplicaciones de ingeniería, suele ser agua “pura” a 15,6°C (60°F). El valor unitario establecido para el agua es 1,000. Así, los líquidos con gravedad específica menor de 1,000 son más ligeros que el agua, y los que tienen un valor de gravedad específica mayor de 1,000 son más pesados que el agua.



**Figura 467. Densímetro graduado.**

La gravedad específica de un gas dado es el cociente de la densidad del gas dividida por la densidad del aire. Puesto que la densidad del aire varía apreciablemente tanto con la temperatura como con la presión, las medidas precisas deben reflejar ambas condiciones (ambientales): se suele tomar como condiciones de referencia 0°C y 1 atmósfera.



Los hidrómetros funcionan obedeciendo al principio de Arquímedes, que, como es sabido, dice que el empuje de un cuerpo sumergido en un fluido (líquido o gas) equivale al peso del fluido desplazado. Por tanto, el hidrómetro se sumergirá hasta un punto en que desplace su propia masa. El volumen de líquido desplazado se indica en la escala del hidrómetro y la densidad es igual a la masa dividida por el volumen. Ya que la densidad de un fluido fluctúa con la temperatura, se deben realizar correcciones por temperatura. Los hidrómetros muchas veces se acompañan de termómetros (en distintos aparatos y algunas veces en el mismo) para determinar la temperatura de la muestra<sup>332</sup>. Atendiendo a su morfología, existen diversas clases y tipos de hidrómetros (figura 466), que se pueden agrupar en: hidrómetros con forma plana (hidrómetros que no incorporan sus propios termómetros, se ayudan de un termómetro auxiliar para medir la temperatura de la muestra y así corregir cualquier variación debida a la temperatura) e “hidrómetros combinados” o “termohidrómetros”, que son hidrómetros que incorporan su propio termómetro en el interior del cuerpo del hidrómetro, para medir la temperatura de la muestra.



**Figura 469. Recipiente para estudiar densidad en cuerpos sólidos.**

Los hidrómetros de mayor precisión pueden calibrarse en el Instituto Nacional de Patrones y Tecnología NIST (*National Institute of Standards and Technology*, formalmente denominado *National Bureau of Standards*); cada hidrómetro, tras ser calibrado, se envía al

---

<sup>332</sup> MIDDLETON, W. E. KNOWLES: *A history of thermometer and its use in metrology*. Baltimore, Maryland: The John Hopkins Press, 1996.

usuario con el documento correspondiente. En definitiva, los areómetros, comúnmente llamados densímetros o hidrómetros, son flotadores que muestran, a veces mediante una manipulación y a veces por lectura directa, las densidades de sólidos o líquidos en el primer caso, la densidad o una indicación convencional sobre la concentración de ciertos líquidos en el segundo. Suelen clasificarse en tres tipos: aerómetros de peso variable y volumen constante; de peso constante y de volumen variable y aerómetros en los cuales ambos elementos son variables.

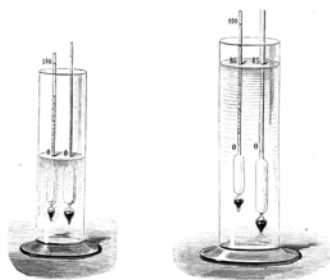
Los alcoholómetros de precisión (figura 470) suelen estar graduados entre 30% y 60% o bien entre 0 y 100%, usados en la industria vitivinícola<sup>333</sup>. En términos generales, los hidrómetros de propósito general básicamente consisten en un flotador que en algunos casos va provisto de un termómetro para tomar nota al mismo tiempo de la temperatura a que se está determinando la densidad. Una larga varilla está dividida de forma que indica directamente la densidad del líquido que corresponde a la división en que enrasa. Suelen fabricarse separadamente para líquidos más o menos densos que el agua. Los primeros tienen la división 1 (densidad del agua), en su parte superior y al colocarlos en líquidos de mayor densidad, el mayor valor del empuje del líquido los hace sobresalir en forma que enrasa el líquido en divisiones inferiores. Por el contrario, los destinados a líquidos de menor densidad que el agua se sumergen más en aquellos líquidos que en el agua y por tal motivo, el 1 de la escala debe situarse en su parte inferior. Algunos de los más importantes<sup>334</sup>, <sup>335</sup> son los siguientes:

---

<sup>333</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 305.

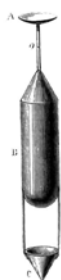
<sup>334</sup> El primer hidrómetro ideado para determinar la densidad de los líquidos fue construido por Clarke, como cita J. T. Desaguliers en sus "*Philosophical Transactions*" en 1730. Sin embargo, la primera mejora importante del hidrómetro tras su reinención por Boyle fue la debida a G. D. Fahrenheit, quien adoptó un nuevo diseño: en vez de una escala, solo tenía una sola marca, ubicada en el asta, y el instrumento se taraba hasta que la marca quedaba justo al ras del líquido.

<sup>335</sup> BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6<sup>a</sup> ed., Paris: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834. (Op. Cit.) p. 130



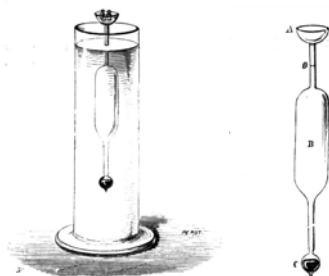
**Figura 470. Alcohómetros.**

Aerómetro de Nicholson: Aparato del primer tipo, permite medir directamente pesos específicos de sólidos mediante un dispositivo que permite colgarlos en un gancho en el interior del líquido (figura 471).



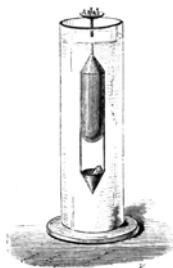
**Figura 471. Aerómetro de Nicholson.**

Aerómetro de Farenheit: Aparato de volumen constante, permite determinar densidades de líquidos. Construido de vidrio, permite trabajar con líquidos corrosivos (figura 472).



**Figura 472. Aerómetro de Farenheit.**

Aerómetro de peso constante: Aparato de volumen sumergido variable construido generalmente con un tubo cilíndrico que se dilata en una cavidad esférica de mayor diámetro, pero siempre de revolución alrededor del eje del tubo y en cuyo extremo llevan otra dilatación, en la cual se introduce un lastre, normalmente municiones o mercurio para darle estabilidad al aparato (figura 473).



**Figura 473. Aerómetro de Nicholson utilizado como aerómetro de peso constante.**

Aerómetro de Baumé: Aerómetro muy usado, de peso constante y de graduación arbitraria (figura 474). Se les gradúa de dos maneras distintas según haya de emplearse para líquidos más o menos densos que el agua. Los destinados a líquidos más densos que el agua se gradúan lastrándolos de manera tal que se sumergen en el agua hasta cerca del extremo superior del vástago a la temperatura de 12,5 °C. En ese punto se marca cero. Una vez marcado el cero, se extrae el aerómetro del agua, se seca y se introduce, a la misma temperatura, en una solución de 15 partes en peso de sal marina y 85 partes de agua destilada. Cuando el aerómetro queda quieto, se marca el grado 15 en el punto de enrase. Se retira el aparato de la solución, se seca, se divide el espacio comprendido entre las marcas en 15 partes iguales y se prolongan las divisiones hacia la parte baja del tubo, hasta donde permita su longitud. Cuando se conoce la naturaleza del líquido, al introducir en él uno de estos aparatos obtenemos una lectura que nos permite saber el grado de concentración de este líquido. Así pues, se sabe que en el ácido sulfúrico comercial bueno, debe marcar 66 grados; si indicación es inferior se concluye que el ácido no es lo suficientemente concentrado. Cuando se trata de líquidos ligeros se gradúan disponiendo el lastre de manera que el aparato se sumerja hasta la parte baja del vástago en una solución de 10 partes de sal marina por 90 de

agua destilada, a la temperatura de  $12,5^{\circ}\text{C}$ . En el punto de enrase correspondiente se marca el cero de la escala. Si se introduce el aparato en agua destilada, como este líquido empuja menos que el anterior, el nuevo punto de enrase queda más alto que el primero y se marca en él la graduación 10. Se divide el espacio comprendido entre estas dos marcas en 10 partes iguales y se prolongan las divisiones hacia arriba. Las cosas se disponen de manera tal que en el vástago quepan 60 o más divisiones. Cuando se sumerge el aparato en éter ordinario se considera este líquido como de buena concentración si marca en él 56 grados Baumé. Puede deducirse una fórmula que permita conocer las densidades de los líquidos conociendo los grados Baumé, es decir, la graduación hasta la cual se sumerge en ellos uno de estos aparatos. Las fórmulas resultantes dependen de cierta constante del aparato, cuyo valor depende de su construcción y por esta razón se encuentran fórmulas distintas en los diferentes autores. En realidad, lo mejor es determinar experimentalmente estas fórmulas. Existen dos fórmulas de amplia difusión: para líquidos más densos que el agua y para líquidos menos densos que el agua.



**Figura 474. Aerómetro de Baumé.**

Entre los hidrómetros para productos de aceites y petróleo, encontramos, en primer lugar el *alcohómetro de Gay-Lussac* (figura 475), para determinar el porcentaje de alcohol contenido en una mezcla de alcohol y agua y, en segundo, el *areómetro de balling-brix*, usado para determinar el porcentaje de azúcar disuelto en agua, aunque permite en general determinar porcentaje de cualquier materia sólida disuelta en agua, aunque esto último se hace con menor precisión. El aparato es de forma semejante a la del aerómetro de Baumé. El instrumento se gradúa a  $20^{\circ}\text{C}$ . Cuando el aerómetro es de escala completa, se hace flo-

tar en agua destilada a la temperatura citada, se hace una marca en el enrase y se marca 0 en él. La división 20 por ejemplo, se obtiene disolviendo 20 g de azúcar en 80 de agua y marcando 20 en el enrase. A veces estos aparatos se gradúan a otras temperaturas en dependencia del clima del lugar en donde van a ser usados. Las lecturas de estos aparatos, a veces llamados sacarómetros, se llaman generalmente *grados Brix* o simplemente “*Brix de la solución*”.



**Figura 475. alcohómetro de Gay-Lussac.**

También se puede determinar el porcentaje de azúcar en una solución a través de un aparato que detecta cambios en el plano de polarización de la luz, aparato también denominado “sacarímetro óptico” y que en realidad es un polarímetro, diseñado por Frederick John Bates de la *National Bureau of Standard* de USA en 1942 y adoptado como norma en la industria del azúcar y sus derivados.

Cinco alcohómetros Gay-Lussac<sup>336</sup> [MFH 3113] (figura 477). Foto número: 338. Posee escalas de medida, de 20 a 40; 0 a 20; 38 a 58; 60 a 80; 80 a 100. Fueron fabricados

---

<sup>336</sup> Con un alcohómetro o alcoholímetro de Gay-Lussac se puede determinar con rapidez el porcentaje de alcohol puro contenido en una mezcla de alcohol y agua. La graduación se hace a la temperatura de 15 °C. Se lastra el aerómetro de manera que puesto en agua destilada se sumerja hasta la parte mas baja de la varilla y en el enrase se marca cero. Se toman 5 volúmenes de alcohol puro y se completa hasta 100 volúmenes agregando agua destilada; se introduce el aerómetro en esa solución y se marca 10 en el enrase. Se sigue así, aumentando de 5 en 5 los volúmenes de alcohol y completando hasta 100 volúmenes con agua y se marca 15, 20, 25,..., en los enrases sucesivos, hasta llega a sumergir el aparato en alcohol absoluto en cuyo enrase se marca la graduación 100. Se divide en 5 partes iguales cada uno de los espacios de la escala así obtenidos. En

por la casa *M. Salleron Du Jardin*, en Rue Pavée au Marais 24, en la ciudad de París, Francia. Son las medidas de cada uno: 29,2 cm de altura, 2,8 cm de ancho y 2,8 cm de fondo. Los materiales con los que se construyeron fueron vidrio, pesas de mercurio y papel, donde se halla escrita la escala a plumilla. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraban en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Observaciones: además hay un termómetro fabricado también por el mismo fabricante *Salleron Du Jardin*, de 0 a 40°C. Estos cinco alcoholómetros de Gay-Lussac fueron donados por la cátedra de Físico-Química; son instrumentos muy parecidos a un areómetro Baumé<sup>337</sup>, siendo en realidad es una variante

---

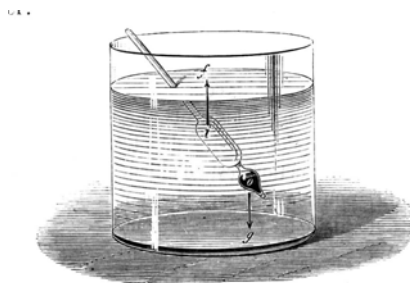
adelante, para obtener la riqueza de una solución de alcohol en agua es preciso disponerlo todo a 15 °C, introducir el aerómetro en la solución y hacer la lectura. Si el resultado es 27 por ejemplo, quiere decir que la solución está formada por 27 partes de alcohol puro y el resto hasta 100, de agua. En caso de que la temperatura sea distinta de 15 °C, se debe hacer una corrección de acuerdo a la ecuación  $x = g + 0,4(t-15)$ , donde  $x$  es el grado de alcohol verdadero,  $g$  es el grado de alcohol aparente leído en el instrumento y  $t$  es la temperatura de la mezcla. Naturalmente, existen aparatos graduados a distintas escalas dependiendo de los usos habituales de cada industria.

<sup>337</sup> Fue y es importante el areómetro o hidrómetro Baumé; la escala Baumé se utiliza para líquidos más densos que el agua, como, por ejemplo, jarabes. La escala fue originalmente propuesta por Antoine Baumé, químico francés, en 1768. La escala ha sido universalmente aceptada, debido a su simplicidad numérica. El areómetro Baumé fue creado por Antoine Baumé, quien nació en Senlis en 1728 y murió en París en 1804. Farmacéutico y químico, este científico francés fue autor de numerosas obras de química. Se le recuerda sobre todo por la creación de “su” areómetro (areómetro Baumé). Hijo de un emigrado de Auvernia, comenzó a trabajar a los quince años en la farmacia de un boticario de Compiègne; después, a los diecisiete, en una gran farmacia parisina. A los 24 años, en 1752, obtuvo el grado de “maestro farmacéutico” (*maître apothicaire*). En 1757 fundó, con Macquer, un curso de química donde era el demostrador práctico de los experimentos, actividad que continuó hasta 1773, fecha de su entrada en la Academia de Ciencias. Baumé escribió numerosas memorias y artículos sobre temas muy diversos: tinturas de tejidos, piezas de relojería, conservación del trigo, extinción de incendios, etc., y 36 artículos del Diccionario de las Artes y Oficios (*Dictionnaire des Arts et Métiers*). Realizó numerosos experimentos sobre fabricación de porcelana (en colaboración con Macquer), la tintura escarlata de Gobelins, el areómetro que lleva su nombre (graduado originalmente en grados Baumé, ya que no adoptó la graduación normal en verdaderas unidades de densidad), sales amoniacales, de las que creó una fábrica, la primera en Francia. Descubrió la presencia de azufre en las esencias de las crucíferas. Arruinado por la Revolución, volvió a las actividades comerciales, que había abandonado en 1780. Numerario de la Academia de Ciencias en 1785 y luego del Instituto de Ciencias en 1796, cuando éste se reorganizó. Sin embargo, su defensa de la teoría del flogisto impidió que llegase a un grado superior. Entre sus obras, hay que citar sobre todo “Elementos de Farmacia teórica y práctica” (*Elements de pharmacie théorique et pratique*), obra de 1762, y “Química experimental y razonada” (*Chimie expérimentale et raisonnée*), de 1773.

Así pues, el areómetro Baumé es un instrumento que flota sobre un líquido, destinado a determinar el peso específico de cuerpos líquidos o sólidos, o la concentración de ciertos líquidos. Los areómetros se construyen generalmente en metal o en vidrio, lastrados con plomo o con mercurio, de forma que estén en equilibrio estable dentro del líquido donde se hallan sumergidos. Lo más frecuente es que adopten la forma de un cilindro terminado en una bola o un tubo, donde se halla aquella ubicada. Basado en el principio de Arquímedes, el areómetro de Baumé se compone de un tubo cilíndrico de vidrio que lleva en su parte inferior un tubo más largo terminado en una bola lastrada. Las muestras cuyas determinaciones realizadas con el areómetro de Baumé son de dos tipos: líquidos más densos que el agua, en cuyo caso recibe los nombres de “pesa-sales”,



del areómetro con peso constante y volumen sumergido variable. Estaban destinados a medir, en grados Gay-Lussac, la cantidad de alcohol contenida en una mezcla agua-alcohol. Por definición, cuando la temperatura de 15°C, 100 cm<sup>3</sup> de la mezcla que contiene  $n$  cm<sup>3</sup> de alcohol, la mezcla tiene  $n$  grados Gay-Lussac. El aparato solía construirse en vidrio, al igual que el areómetro Baumé. Su cuerpo se comprende tres zonas: una ampolla tarada con mercurio, y un cuerpo cilíndrico, prolongación de la tercera parte, un asta de sección dada, con la escala que contiene graduaciones interiores inscritas en un papel rotulado. Las graduaciones se hacían de tal forma que el cero debía quedar al ras del líquido cuando éste era agua destilada a 15°C. Cuando el líquido era alcohol, el aparato se sumergía hasta el punto marcado con el 100. El asta estaba graduada con la ayuda de mezclas patrones de agua-alcohol, de proporciones conocidas. Para ser sensibles, los alcoholómetros podían construirse para realizar medidas dentro de un intervalo pequeño y aplicarse sólo con muestras concretas, como, por ejemplo, vinos, licores o alcoholes destilados. Si la temperatura no era 15°C, era preciso realizar una corrección, según tablas adjuntas de las cuales los usuarios disponían.



**Figura 476. Grabado que muestra un alcoholómetro en un ensayo.**

---

“pesa-ácidos”, “pesa-jarabes”, etc., y líquidos menos densos que el agua, caso en que recibe los apelativos de “pesa-licores”, “pesa-espíritus”, “pesa-leches”, etc. La graduación Baumé está hoy en día en desuso y los areómetros actuales muestran densidades reales, en vez de relativas. El hidrómetro de A. Baumé fue muy utilizado en Francia, y es un hidrómetro común graduado de forma que ciertos puntos se habían fijado antes introduciendo el instrumento en agua destilada y en distintas soluciones salinas, de concentración conocida. Así, el instrumento se utilizó sin más en la determinación de densidades de líquidos más densos que el agua, por lo que fue enseguida conocido como “hidrómetro salino”.



**Figura 477. Cinco alcoholómetros Gay-Lussac [MFH 3113].**

Tres alcoholómetros, con probeta [MFH 3114] (figura 478). Foto número: 079. Poseen escalas de medida y marcan los tres, respectivamente, de 0 a 35, de 70 a 100 y de 35 a 70 grados alcohólicos. Fueron fabricados por la casa *Salleron du Jardin*, en Rue Pavée au Marais 24, en la ciudad de París, Francia. Son sus medidas: 32,2 cm de altura, 1,7 cm de ancho y 1,7 cm de fondo. Están fabricados en vidrio y mercurio. En el momento de la foto, se encontraban en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Observaciones: donación de la cátedra de Técnica Física.



**Figura 478. Tres alcoholómetros, más probeta [MFH 3114].**

Densímetro o hidrómetro [MFH sn] (figura 479). Foto número: 238. Posee escalas de medida, de 9, 0, 9. Son sus medidas: 15,8 cm de altura, 3,3 cm de ancho y 3,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metálicos, con tres arandelas adicionales para introducir en su parte superior y hacer que pese más. Su estado de conservación es bueno, aunque están oxidados. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 479. Densímetro o hidrómetro [MFH sn].**

Alcohómetro [MFH 4112] (figura 480). Foto número: 239. Este aparato fue fabricado por la casa *Salleron du Jardin*, en la ciudad de París, Francia, en el año 1885. Son sus medidas: 14,4 cm de altura, 1,4 cm de ancho y 1,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio, una ampolla con un papel (que exhibe la leyenda “*alcoometre*”) y mercurio, que está oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 480. Alcohómetro [MFH 4112].**

Dos alcohómetros [MFH 993] (figura 481). Foto número: 326. Son las medidas del alcohómetro derecho, el mayor: 20,4 cm de altura, 4,2 cm de ancho y 4,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: soporte de madera, interior metal. Su estado de conservación nos hace ver que el soporte de madera se encuentra en buen estado, con el interior metálico oxidado. Respecto al alcohómetro izquierdo, menor en tamaño, son sus medidas: 19,2 cm de altura, 3,7 cm de ancho y 3,7 cm de fondo. Sus materiales son: soporte de madera, interior metal. Su estado de conservación: soporte de madera en buen estado, interior metálico oxidado. En el momento de la foto, ambos alcohómetros se encontraban en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Estos alcohómetros pertenecieron a Universidad Central de Madrid, Facultad de Farmacia, cátedra de Química Orgánica.



**Figura 481. Dos alcoholímetros [MFH 993].**

Alcoholímetros [MFH sn] (figura 482). Fotos número: 274 y 275. Datos de la probeta, cuyas medidas son: 33,8 cm de altura, 8,5 cm de ancho y 8,5 cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid. El conjunto de los alcoholímetros fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4014640. Se trata de un recipiente de laboratorio<sup>338</sup>, cilíndrico, vertical y graduado, rematado en su base por un pie de mayor diámetro que permite su sustentación, y con el reborde de la boca doblado a modo de pico para facilitar el manejo de líquidos. Está graduada en volumen, en mililitros. Seguramente se empleó para la medida

---

<sup>338</sup> La acepción probeta es genuinamente española, del verbo “probar”. También se denominan probetas los dispositivos que prueban la capacidad explosiva de las pólvoras y las vasijas planas de los fotógrafos.

aproximada de líquidos en el laboratorio y para hacer mezclas; es cierto que para medidas de alta precisión, se utilizan matraces y pipetas, pero la probeta se maneja con más facilidad. En cuanto a los datos individuales de estos tres alcoholómetros son los siguientes: el primer alcoholómetro posee una escala graduada de 35 a 65 y mide 31,9 cm de altura, 2,0 cm de ancho y 2,0 cm de fondo; el segundo alcoholómetro posee una escala de 0 a 35 y mide 30,9 cm de altura, 2,0 cm de ancho y 2,0 cm de fondo; el tercer alcoholómetro posee una escala de 70 a 100 y mide 30,4 cm de altura, 2,0 cm de ancho y 2,0 cm de fondo. Los materiales con los tres se construyeron fueron vidrio, con su parte inferior lastrada con perdigones de plomo, sellada y una escala de papel. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, el conjunto se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid. Estos tres alcoholómetros fueron inventariados en 1984, recibiendo el número de inventario 4014640.



**Figura 482. Alcoholómetros con probeta [MFH sn].**

Alcohómetro centesimal de Gay-Lussac [MFH sn] (figura 483). Foto número: 192. Posee escalas de medida, de 10 a 44 grados Cartier. Son sus medidas: 30,2 cm de altura, 1,5 cm de ancho y 1,5 cm de fondo. El instrumento se halla construido en vidrio, con un papel interno que contiene las medidas marcadas a plumilla. Mercurio como peso, oxidado, sellado. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 483. Alcohómetro centesimal de Gay-Lussac [MFH sn].**

Areógrafo de Nicholson o “hidrómetro de Nicholson” [MFH 988] (figura 485). Foto número: 116. Son sus medidas (solo, sin caja): 28,0 cm de altura, 4,3 cm de ancho y 4,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: plata, con su caja de cuero y raso. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de



la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10, en la vitrina. Este instrumento procede de la Cátedra de Técnica Física. El hidrómetro de Nicholson combinó las características de los hidrómetros de Fahrenheit y de Boyle, mientras que el “hidrómetro universal”, ideado por G. Atkins en 1808, fue meramente un hidrómetro Nicholson con el asta atornillada que, por tanto, podía desmontarse para cargar en el bulbo pesos diferentes, a diferencia del “gravímetro” de Guyton<sup>339</sup>. El areómetro que creó Nicholson (figura 484) es un areómetro de volumen constante y de peso variable, que sirve para determinar la masa volumínica de un sólido<sup>340</sup>. Se compone de un cilindro de metal o de vidrio, terminado en dos conos que forman un receptáculo cerrado. En su parte superior se halla un asa que soporta una placa, donde se introducen los pesos y el cuerpo a pesar. La parte inferior monta una placa cónica hueca, donde se puede emplazar el cuerpo. Se sumerge el areómetro en una vasija que contiene agua destilada: el instrumento permanece en equilibrio, sin sumergirse más y entonces se le ponen los pesos para provocar que se sumerja más, por ejemplo 80 gramos. Luego, se quita el peso y se coloca el cuerpo sobre la placa. Para hacerle flotar más, supongamos que necesita 50 gramos; entonces, el peso del cuerpo será de  $80 - 50 = 30$  gramos. A continuación, se coloca el cuerpo dentro de la cápsula inferior, con lo cual el areómetro remonta. Si para determinar el afloramiento a la superficie se ha precisado, por ejemplo, 10 gramos sobre la placa superior, la densidad del cuerpo analizado será  $30 : 10 = 3$ . Se utilizaba sobre todo para determinar la densidad de minerales. Solía suministrarse dentro de su caja de protección y fue muy utilizado en los años 1830.



**Figura 484. Determinación con un areógrafo de Nicholson.**

<sup>339</sup> El “gravímetro”, construido por Guyton, difería del de Nicholson porque se construía en vidrio y tenía un bulbo cilíndrico de 21 mm de alto por 22 mm de diámetro. Se ajustaba su peso con una tara adicional de 5 gramos, para que su marca de enrase quedase al ras de una solución de agua destilada.

<sup>340</sup> William Nicholson, químico y físico inglés (1753-1815).



**Figura 485. Areógrafo de Nicholson [MFH 988].**

Areómetro o recipiente para estudios de densidad de cuerpos sólidos<sup>341</sup> [MFH 994] (figura 486). Foto número: 336. Son sus medidas: 20,7 cm de altura, 3,9 cm de ancho y 3,9

<sup>341</sup> A lo largo de la historia han existido diversos tipos de hidrómetros y areómetros. El hidrómetro de Boyle se conoce generalmente con el nombre de “hidrómetro común”; usualmente está construido en vidrio, con el bulbo inferior conteniendo mercurio o una pequeña bala (de plomo), para que el instrumento flote verticalmente. La cantidad de mercurio puesta en el bulbo depende de varias circunstancias, pero, sobre todo, de la densidad de los líquidos que se van a medir con el hidrómetro. Además, el extremo superior toma la forma de una escala (como un termómetro). Combinando ambos factores, peso de la plomada de mercurio y longitud y tabulación de la escala, con un juego poco numeroso de hidrómetros se podían acometer prácticamente la mayoría de las determinaciones.

Otros aparatos fueron: el areómetro-balanza de Charles es un areómetro similar al hidrómetro de Nicholson, excepto que su base inferior permite utilizar el instrumento con sólidos más ligeros que el agua; el hidrómetro deslizante de Adie, un hidrómetro ordinario, ajustable para líquidos que difieren bastante en sus densidades y el hidrómetro Cartier, muy similar al de Baumé, de quien había sido éste empleado. El punto en que el instrumento flotaba en el agua fue marcado como 10° por Cartier: 30° de la escala Cartier corresponden a 32° en la de Baumé. Seguramente porque el principal objetivo para el cual los hidrómetros habían sido contruidos fue la determinación del grado alcohólico en alcohólicos, proliferó una gran variedad de hidrómetros que solo

cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. Su estado de conservación necesita limpieza, con el borde de su boca algo roto. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento procede del Laboratorio de Técnica Física.



**Figura 486. Areómetro para estudios de densidad de cuerpos sólidos [MFH 994].**

Areómetro de Baumé y Cartier [MFH sn] (figura 487). Foto número: 191. Posee escalas de medida, de 70 a 0. Este aparato fue fabricado por la casa *Ardi*. Son sus medidas: 23,8 cm de altura, 2,0 cm de ancho y 2,0 cm de fondo. Los materiales con los que este ins-

---

difierían en sus escalas: hidrómetro de Speer (William Speer fue supervisor y jefe del laboratorio de licores del Puerto de Dublin); hidrómetro de Jones (Holborn), hidrómetro de Dicas (Liverpool, con escala deslizante ajustable a distintas temperaturas, más tarde adoptado por Estados Unidos en 1790), hidrómetro universal de Quin, hidrómetro de Tralles (que difiere del de Gay-Lussac por estar graduado a 4° C, en vez de a 15° C), hidrómetro de Beck, el construido por el Dr Bones en Montpellier, el hidrómetro de Sikes y un largo etcétera.

trumento se halla construido son: vidrio, papel interno con medidas marcadas por plumilla. Mercurio como peso, oxidado, sellado. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 487. Areómetro de Baumé y Cartier [MFH sn].**

A continuación se describen las ocho balanzas hidrostáticas de la colección. La archiconocida anécdota de Arquímedes gritando “*eureka*” en el baño fue tan conocida en tiempos de Galileo como lo es hoy. Galileo, gran admirador de Arquímedes, adoptó mu-

chos de sus procedimientos<sup>342</sup>. Supuestamente, fue en el baño donde Arquímedes solucionó el problema propuesto a él por el rey de Siracusa, con el tema de la corona de oro; Arquímedes midió la cantidad de agua desplazada por la corona y por una cantidad igual de oro y halló que la corona desplazaba más agua, pues su gravedad específica – diríamos hoy – es menor que la del oro; por tanto, el “oro” de la corona había sido adulterado con otro metal más barato. Pesar metales preciosos al aire, pero también en agua, fue presumiblemente la práctica más habitual entre los joyeros de Europa. Galileo tuvo algunas ideas para mejorar tales medidas y, a la edad de 22 años, escribió un pequeño panfleto titulado por él *la Bilancetta* o “pequeña balanza”. Lo que Galileo describió era una balanza de precisión para realizar pesadas de objetos en aire y en agua. En suma, y en nuestra colección así se constata, de los diversos tipos posibles de balanzas hidrostáticas (figura 488), existen ejemplares representativos de balanza de Mohr (figura 490)<sup>343</sup> y de balanza de Wesphal (figura 489).

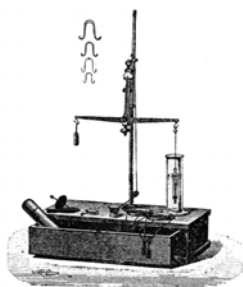
---

<sup>342</sup> BEDINI, SILVIO A: *The Pulse of Time: Galileo Galilei, the determination of longitude and pendulum clock*. Firenze: Leo S. Olschki, 1991 (Op. Cit.).

<sup>343</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 128-129. La balanza de Mohr es uno de los diseños más clásicos de una balanza hidrostática y tiene como objeto realizar medidas de flotación. Generalmente, se trata de balanzas verticales, con dos brazos, uno para poner las pesas y otro, terminado en una sonda que se introduce en la muestra (líquida), se prolonga en una plomada. Las determinaciones responden exactamente al principio de Arquímedes. El creador de esta balanza, Karl Friedrich Mohr (1806-1879), fue un farmacéutico alemán, hijo de un conocido droguero de Coblenza y nació el 4 de noviembre de 1806. Fue un niño delicado y sus padres le educaron prácticamente sin salir de casa, mucho de ese tiempo en el laboratorio de su padre. Así, se familiarizó con la instrumentación y métodos analíticos. A la edad de 21 años, comenzó a estudiar química con Leopold Gmelin y, luego, tras cinco años de estudios en Heidelberg, Berlín y Bonn, obtuvo el título de Doctor y comenzó a trabajar en el establecimiento de su padre. Al morir éste en 1840, Mohr continuó el negocio, retirándose del mundo científico en 1857. Las pérdidas económicas que luego sufrió, le hicieron dedicarse a las clases particulares a la edad de 57 años, en Bonn, donde en 1867 y por la influencia directa el Emperador, fue nombrado Profesor de Farmacia extraordinario. Mohr murió en Bonn el 28 de septiembre de 1879, tras haber sido un conocido científico y farmacéutico, autor de numerosas mejoras de procesos analíticos. Sus métodos sobre análisis volumétricos fueron expuestos en su obra “Manual de Valoraciones de Química Analítica” (*Lehrbuch der chemisch-analytischen Titrimethode*, de 1855), obra de consulta de Liebig y de la que se hicieron varias ediciones. Asimismo escribió otros tratados, como “Historia de la Tierra, fundamento geológico nuevo” (*His Geschichte der Erde, eine Geologie auf neuer Grundlage*, de 1866). En su artículo “Sobre la naturaleza del calor” (*Über die Natur der Wärme*), publicado en la Revista de Física (*Zeitschrift für Physik*) en 1837, expuso uno de los primeros principios genéricos de la conservación de la energía. Así pues, la balanza de Mohr-Wesphal es un aparato de muy sencilla construcción, que permite simplificar el método de la balanza para determinar la densidad de los líquidos. Se trata de una balanza de brazos iguales o desiguales (existen varios modelos, pero el funcionamiento es el mismo): uno de los brazos (generalmente el más largo), presenta una serie de nueve muescas equidistantes y numeradas (por ejemplo, de 1 a 9), cuyo cero corresponde al cuchillo de suspensión en tanto que la división 10 cae exactamente en el cuchillo del cual pende un gancho que lleva un hilo, (generalmente de platino), que sostiene un flotador, (generalmente un termómetro). El brazo más corto tiene una punta en un extremo, que oscila frente a otra punta fija al soporte (fiel). Todo el sistema puede bajar o subir a través del tornillo de ajuste. Cuando se sumerge el flotador en el líquido cuya densidad



**Figura 488. Diferentes tipos de balanzas hidrostáticas.**



**Figura 489. Balanza hidrostática.**

Balanza hidrostática [MFH 076] (figura 491). Foto número: 348 y data del siglo XVIII. Son sus medidas: 74,5 cm de altura, 45,1 cm de ancho y 18,4 cm de fondo. Los materiales con los que se halla construido son metálicos. Su estado de conservación permite observar que está muy oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

---

se desea determinar, experimenta un empuje hacia arriba que debe equilibrarse con jinetillas, dispuestas en las muescas del brazo largo. Existen jinetillas de varias dimensiones. La mayor de las jinetillas, colgada en la muesca más lejana al eje de giro, equilibra al flotador cuando está sumergido en agua destilada. Por tanto, si para conseguir el equilibrio hubiera que colgarlo en la 8ª división contada a partir de la más próxima al eje de giro, la densidad del líquido sería de 0,8. Existen además otras jinetillas menores, cuyos pesos son la décima, la centésima y aún la milésima parte del primero, que añadidos en las convenientes divisiones, nos permitirán apreciar las unidades decimales de órdenes más elevados en el valor de la densidad.



**Figura 490. Balanza hidrostática.**



**Figura 491. Balanza hidrostática [MFH 076].**

Balanza hidrostática [MFH sn] (figura 492). Foto número: 158. Posee una escala basta, de tres líneas, seguramente con el único fin de nivelarla. Son sus medidas: 73,0 cm

de altura, 69,0 cm de ancho y 26,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno, pero necesita ser nivelada y limpiarla el polvo. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales, en el despacho del Prof. Dr. Benito del Castillo.



**Figura 492. Balanza hidrostática [MFH sn].**

Balanza de Wesphal [MFH 3804] (figura 494). Foto número: 090. Son sus medidas: 29,5 cm de altura, 21,2 cm de ancho y 9,1 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. La balanza de Wesphal tiene como misión medir la densidad de un líquido o de un sólido. Es un tipo de balanza también con un solo brazo,



adoptando el resto una forma peculiar y con una escala y fiel central. El brazo termina en una sonda, convenientemente calibrada, que debía quedar completamente sumergida en el líquido cuya densidad se media. Utilizando un líquido patrón, con densidad conocida, se puede determinar la disminución del peso del cuerpo sumergido en el líquido y, por tanto, el volumen del cuerpo. La balanza de Wesphal también se utilizó para determinar la densidad de cuerpos sólidos. Como queda dicho, del brazo de la balanza cuelga el plomo o sonda, finalmente sumergido en su totalidad en la muestra. La sonda o “*plomo*” alberga un termómetro y posee un volumen conocido, usualmente el equivalente a 5 gramos de agua a 15,5 grados centígrados, así como su peso total (15 gramos). En el análisis de minerales, la balanza hidrostática de Wesphal (figura 493) se emplea para determinar el peso específico de líquidos densos donde se han puesto para determinar el peso específico de granos de mineral por el método de flotación. Existe una modificación debida a Walker (“balanza Walker”); también se denomina “balanza Jolly”.

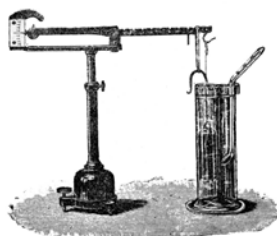


**Figura 493. Balanza hidrostática de Wesphal.**



**Figura 494. Balanza de Wesphal [MFH 3804].**

Balanza de Wesphal [MFH 3805] (figura 496). Foto número: 413. Este aparato fue fabricado por la casa *C.E.D.A.C., Central Española de Aplicaciones Científicas*, en el año 1828. Son sus medidas: 29,5 cm de altura, 21,2 cm de ancho y 9,1 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.



**Figura 495. Balanza de Wesphal.**



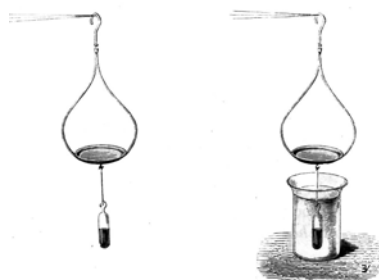
**Figura 496. Balanza de Wesphal [MFH 3805].**

Balanza de Wesphal [MFH sn] (figura 497). Foto número: 227. Posee escalas de medida, del sistema Reimann, con 5 gramos de desplazamiento. Escala: 1, 1,5, 2. Este aparato fue fabricado por la casa *Celsius*, en España. Son sus medidas: 29,2 cm de altura, 20,9 cm de ancho y 6,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, vidrio, mercurio. Su estado de conservación es excelente. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 497. Balanza de Wesphal [MFH sn].**

Accesorio de balanza hidrostática [MFH sn] (figura 499). Foto número: 249. Son sus medidas: 14,9 cm de altura, 6,5 cm de ancho y 6,5 cm de fondo, de geometría acuminada y piriforme. Materiales de construcción de vidrio. Su estado de conservación necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 498. Recipiente para estudios densidad en líquidos, accesorio de una balanza hidrostática.**



**Figura 499. Accesorio de balanza hidrostática [MFH sn].**

Balanza de Wesphal [MFH sn] (figuras 500 y 501). Foto número: 272. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. En la siguiente foto (figura 496) podemos apreciar un detalle de su sonda de inmersión sobre las muestras a determinar.

En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 500. Balanza de Wesphal [MFH sn].**



**Figura 501. Detalle: sonda de la anterior balanza de Wesphal [MFH sn].**

Recipiente para estudios de densidad de cuerpos sólidos [MFH 995] (figura 502). Foto número: 332. Son sus medidas: 18,0 cm de altura, 3,5 cm de ancho y 3,5 cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. Su estado de conservación necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento procede del Laboratorio de Técnica Física.



**Figura 502. Recipiente para estudiar densidad en cuerpos sólidos [MFH 995].**

Areómetro o densímetro de Paquet [MFH 996] (figura 504). Foto número: 335. Son sus medidas: 20,0 cm de altura, 3,2 cm de ancho y 3,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio, contiene mercurio. Su estado de conservación es bueno, el mercurio está sucio y oxidado. En el momento de la foto, se encon-

traba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 503. Areómetro o densímetro de Paquet.**



**Figura 504. Areómetro o densímetro de Paquet [MFH 996].**



Cinco densímetros [MFH 3112] (figura 505). Foto número: 225. Fueron fabricado por la casa *Mes Salleron du Du Jardin*, sucesores, en la ciudad de París, Francia. La caja presenta las siguientes medidas: 4,0 cm de altura, 27,5 cm de ancho y 11 cm de fondo. Los materiales con los que estos instrumentos se hallan contruidos son: vidrio, papel interno con medidas marcadas a plumilla. Poseen mercurio como peso, que se encuentra oxidado. Las escalas de los cinco densímetros, respectivamente, son: de 900 a 800; de 1000 a 900; de 800 a 700; de 700 a 600 y de 1000 a 650, ligeramente distinto. Las medidas de cada uno de los cinco densímetros son: 26,3 cm de altura, 1,5 cm de ancho y 1,5 cm de fondo. Los materiales con los que se construyeron son de vidrio, con un papel interno con las escalas de medida marcadas a plumilla. Mercurio como peso, oxidado. Su estado de conservación es bueno, pero, como queda dicho, uno está roto. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 505. Cinco densímetros [MFH 3112].**

Densímetro con estuche (Aparato de Granier) [MFH 3829] (figura 506). Foto número: 380. Posee escalas de medida, de 900 a 700. Este aparato fue fabricado por la casa *Appareils Granet*, en la ciudad de París, Francia. Su utilidad aplicativa general y farmacéutica en particular, fue determinar la densidad e inflamabilidad de los aceites minerales. Son sus medidas: 14,9 cm de altura, 1,7 cm de ancho y 1,7 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio y carcasa metálica. Su estado de conservación: está ligeramente oxidado, el mercurio sucio y oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 506. Densímetro (Aparato de Granier) [MFH 3829].**

Picnómetro de líquidos [MFH sn] (figura 507). Foto número: 259. Materiales de construcción de vidrio. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. Como se puede observar, se trata de un frasco de vidrio mediante el cual es posible determinar densidades de líquidos<sup>344</sup> y sólidos pequeños no solubles en agua. Usualmente son de 10 a 20 cm<sup>3</sup>, provistos de un tapón de vidrio hueco prolongado en un capilar en el cual hay una señal de enrase. Actualmente existen otros aparatos que calculan automáticamente las densidades de sólidos y polvos, que son picnómetros de gas, detectando el cambio en la presión de un gas desplazado por un objeto sólido.



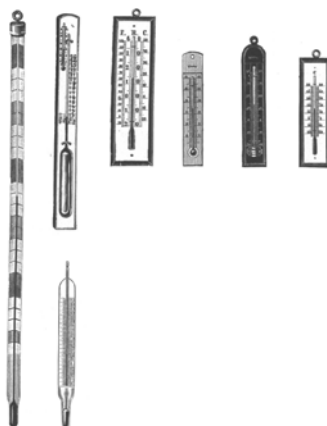
**Figura 507. Picnómetro de líquidos [MFH sn].**

---

<sup>344</sup> Para su uso se procede de la siguiente manera: se llena el picnómetro con agua destilada hasta la señal de enrase y pesarlo (P1). A continuación se dispone a su lado el cuerpo cuya densidad desea medirse y volver a pesar (P2). (P2 - P1) es el peso del cuerpo. Luego se pone el cuerpo en el interior del picnómetro. Sube el nivel en el capilar. Se retira agua hasta que el nivel vuelva al enrase y vuelve a pesar el picnómetro (P3). (P2 - P3) representa el peso del agua desalojada y por tanto al empuje sobre el cuerpo. Entonces, puede calcular la densidad relativa del cuerpo. También se puede calcular la densidad de líquidos con el picnómetro. Para ello, se tienen que efectuar sucesivamente las siguientes pesadas: en primer lugar, se pesa el picnómetro vacío (P1); a continuación, se peso el picnómetro lleno de agua destilada hasta el enrase (P2) y, por último, se pesa el picnómetro lleno del líquido de densidad desconocida, hasta el enrase (P3). Así pues, (P2 - P1) es el peso del agua y (P3 - P1) es el peso del líquido.

## 23. MEDIDAS DE TEMPERATURA

Las diferentes teorías acerca de la naturaleza del calor se remontan a los filósofos griegos y han pervivido hasta nuestro siglo. Desde el principio han sido dos las teorías que se han ido sucediendo, en cada época con distintos matices. Una de ellas considera el calor como un fluido sutil, elástico, imponderable pero material, que se halla en los cuerpos calientes. La otra afirma que el calor es el movimiento de las partículas del cuerpo que lo manifiesta.



**Figura 508. Diferentes tipos de termómetros.**

La falta de una teoría clara al respecto, unida al triunfo de la física experimental del siglo XVIII, impulsó una serie de experimentos de distinto tipo relacionados con la medida y el comportamiento de los cuerpos frente al calor. Los termómetros (figura 508) se graduaron con diferentes escalas y empleando diversos fluidos, hasta llegar al uso habitual del mercurio (figura 509)<sup>345</sup>. El efecto del calor sobre los sólidos puede medirse con un dilatómetro o un pirómetro.

---

<sup>345</sup> CHALDECOTT, J. A.: *Temperature measurement & control, part II*. London: Science Museum, 1976 (Catalogue of the collections in the Science Museum). London Science Museum, 1976 (Op. Cit.).



**Figura 509. Clásico termómetro de mercurio.**

Para estudiar la naturaleza del calor y medir la cantidad de calor que hay en diferentes cuerpos y animales, Lavoisier diseñó el calorímetro. Por su parte, Melloni diseñó un conjunto de importantes experimentos destinados al estudio de las características comunes entre luz y calor<sup>346</sup>. Para ello, dispuso en un banco distintos elementos con los que pretendía formular las leyes de refracción, reflexión, polarización y transmisión del calor radiante (el calor procedente de una fuente oscura, como un metal incandescente), y diferenciarlo del calor luminoso (como el del Sol)<sup>347</sup>.

Calorímetro de Berthelot [MFH 4163] (figura 510). Foto número: 038. Este aparato fue fabricado por la casa *M. Álvarez, material científico*, Mayor 76, Madrid, en la ciudad de Madrid, España. Mide 43,0 cm de altura, 32,0 cm de ancho y 32,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, tapadera madera. Su estado de conservación necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.

---

<sup>346</sup> CHALDECOTT, J. A.: *Temperature measurement & control*. London: Science Museum, catalogue of the collections in the Science Museum, 1976.

<sup>347</sup> MIDDLETON, W. E. KNOWLES: *A history of thermometer and its use in metrology*. Baltimore, Maryland: The John Hopkins Press, 1996.



**Figura 510. Calorímetro de Berthelot [MFH 4163].**

Matraces, dotación complementaria de un termóforo<sup>348</sup> [MFH sn] (figura 511). Foto número: 088. Materiales de construcción de vidrio. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

---

<sup>348</sup> CHALDECOTT, J. A.: *Temperature measurement & control, part II*. London: Science Museum, 1976 (Catalogue of the collections in the Science Museum). London Science Museum, 1976 (Op. Cit.).



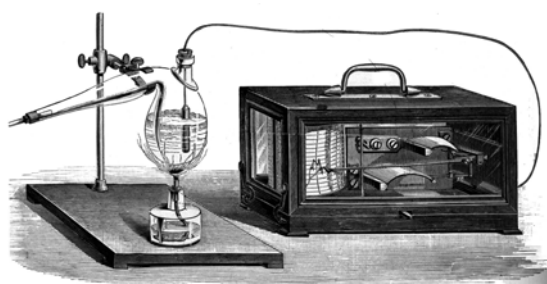
**Figura 511. Matrices de un termóforo [MFH sn].**

En la colección hallamos también dos termógrafos o instrumentos para registrar las variaciones de temperatura en función del tiempo<sup>349</sup>. El elemento sensible a la temperatura es un doble anillo bimetalico cuya característica principal es el bajo coeficiente de retardo, permitiendo registrar variaciones rápidas de temperatura (figura 512). Dicho elemento, que puede ser fácilmente calibrado, está ubicado fuera de la caja de modo de permitir una buena exposición y se encuentra debidamente protegido contra golpes accidentales. El reloj, con 8 días de autonomía, está fijado a la base del instrumento y por lo tanto, para reemplazar la

---

<sup>349</sup> El termógrafo es un termómetro con un registrador gráfico que muestra las variaciones de la temperatura en el tiempo, mientras que un higrotermógrafo es otro instrumento, que resulta de la combinación de un termógrafo con un higrómetro. El higrotermógrafo muestra simultáneamente, en el mismo registro, tiempo, temperatura ambiente y humedad.

faja diagramada, sólo es necesario retirar el tambor de registro. Un engranaje doble rebatible, colocado bajo el tambor, permite variar el período de registro de diario a semanal. Las fajas poseen las divisiones de tiempo necesarias para uso diario y semanal. El instrumento se compone de un doble anillo bimetálico, sistema de transmisión, soportes y palancas de bronce cromado y acero inoxidable, brazo porta pluma de acero inoxidable con pluma registradora de alpaca y caja tipo vitrina de fundición de aluminio con tratamiento anticorrosivo pintado a alta temperatura, con vitrina de plexiglás.

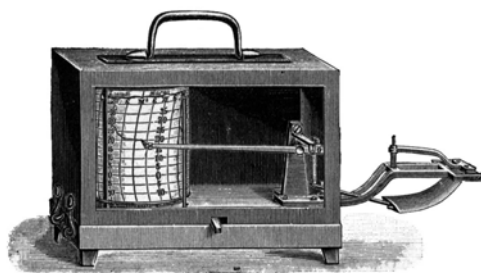


**Figura 512. Un termógrafo realizando determinaciones en el laboratorio.**

Termógrafo de Richard<sup>350</sup> [MFH sn] (figura 514). Foto número: 153. Este aparato fue fabricado por la casa *SIAP*, en la ciudad de Bolonia, Italia. Exhibe el número de serie 3081. Son sus medidas: 23,0 cm de altura, 37,0 cm de ancho y 12,5 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales, en el despacho del Prof. Dr. Benito del Castillo.

<sup>350</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores: *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 226. El termógrafo Richard (figura 508) fue originalmente construido en los talleres “*Richard Frères*”, concretamente por Jules Richard, en Rue Mélingue, 25. Paris (1882-1891). Estos talleres también fabricaron otros instrumentos de interés, como un termómetro-registrador (de Richard). El termógrafo Richard fue un termógrafo-registrador del tipo tubo de Bourdon. El tubo, la parte sensible del instrumento, estaba ubicado en la parte externa de la carcasa metálica lacada que protegía al mecanismo de registro.





**Figura 513. Termógrafo de Richard.**



**Figura 514. Termógrafo de Richard [MFH sn].**

Termógrafo de Richard [MFH sn] (figura 515). Foto número: 215. Posee escalas de medida, de 30 a 40°C. Son sus medidas: 19,0 cm de altura, 32,0 cm de ancho y 12,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, metacri-

lato, papel del registrador. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 515. Termógrafo de Richard [MFH sn].**

Psicrómetro [MFH 3414] (figura 517). Foto número: 005. Posee escalas de medida, de 0 a 100°C. Son sus medidas: 27,0 cm de altura, 18,4 cm de ancho y 10,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, cristal, mercurio, soportes metálicos. Su estado de conservación es bueno y sólo necesita ser rellenado de mercurio. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10. Este psicrómetro está en el Museo por donación del Dr. Folch.



**Figura 516. Psicrómetro.**



**Figura 517. Psicrómetro [MFH 3414].**

Pasemos a continuación a examinar los termómetros de la colección. Un termómetro es un instrumento que mide la temperatura de un sistema en forma cuantitativa<sup>351</sup>. Una forma fácil de hacerlo es encontrando una sustancia que tenga una propiedad que cambie de

---

<sup>351</sup> CHALDECOTT, J. A.: *Temperature measurement & control, part II*. London: Science Museum, 1976 (Catalogue of the collections in the Science Museum). London Science Museum, 1976 (Op. Cit.).

manera regular con la temperatura<sup>352</sup>. Por ejemplo, el mercurio es líquido dentro de los límites de temperaturas entre -38,9° C a 356,7° C. Como líquido que es, el mercurio se expande cuando se calienta, expansión lineal que puede ser calibrada con exactitud<sup>353</sup>. Un termómetro de vidrio de mercurio contiene un bulbo fijo con mercurio que le permite expandirse dentro del capilar, expansión que hay que calibrar en el propio vidrio del termómetro<sup>354</sup>. Uno de los primeros intentos para tener patrones de temperaturas se debe a Galeno (hacia 170 A. C.); en sus notas médicas, Galeno propuso un patrón de temperatura “neutral” completando cantidades iguales para la ebullición del agua y el hielo; sobre cualquier lado de esta temperatura tenía cuatro grados de calor y cuatro grados de frío respectivamente. Los primeros equipos usados para medir la temperatura fueron llamados “termoscopios” o “termoscopios florentinos” y consistían en un bulbo de vidrio con un largo tubo extendido hacia abajo, colocado dentro del recipiente con agua y colorante<sup>355, 356</sup>. Algo del aire contenido dentro del bulbo se expulsaba y el líquido se elevaba a través del tubo para reemplazarle. Como el aire remanente del bulbo se calienta o enfría, el nivel de líquido en el tubo varía reflejo del cambio de la temperatura del aire. Colocando una escala sobre el tubo, se puede medir en forma cuantitativa tales fluctuaciones.



**Figura 518. Galileo Galilei.**

<sup>352</sup> BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6<sup>a</sup> ed., Paris: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834. (Op. Cit.) p. 112.

<sup>353</sup> MIDDLETON, W. E. KNOWLES: *A history of thermometer and its use in metrology*. Baltimore, Maryland: The John Hopkins Press, 1996 (Op. Cit.).

<sup>354</sup> MÉTRAL, P.: *Précis de physique pour le brevet élémentaire*, 2<sup>a</sup> ed., Paris: Massan et Cie, 1930. (Op. Cit.) p. 1 y sucesivas.

<sup>355</sup> BORCHI, EMILIO: *Termometri e termoscopi*. Firenze: osservatorio Ximeniano de Firenze, 1997 (Op. Cit.).

<sup>356</sup> Aunque Galileo en 1610 utilizó vino

En 1641 nació el primer termómetro sellado que utilizaba líquido en vez de aire como medio termométrico, desarrollado por Ferdinand II, Gran Duque de Toscana<sup>357</sup>, quien ideó un equipo sellado de vidrio dentro del cual había alcohol, con 50 “grados” marcados sobre el tubo; estos termómetros se denominaron “termómetros de espíritu”. Pocos años después, Robert Hook, párroco de la Real Sociedad, empleó en 1664 un tinte rojo en alcohol. Su escala, para la cual todos los grados representaban un igual incremento de volumen equivalente, aproximadamente 1/500 partes del volumen del líquido del termómetro, necesitaba solo un punto fijo y Hook seleccionó el punto de congelación del agua. Con la escala y de esta guisa, Hook afirmó que se podía utilizar un mismo patrón en termómetros de tamaños diferentes. El termómetro original de Hook<sup>358</sup> se reconoció como un estándar en el Gresham College y fue usado por la Sociedad Real hasta 1709; de hecho, el primer registro meteorológico inteligible empleó esta escala. En 1702, el astrónomo Ole Roemer de Copenhague basó su escala en dos puntos fijos: nieve (o hielo comprimido) y el punto de ebullición del agua, y registró la temperatura diaria en Copenhague desde 1708 a 1709 con su termómetro<sup>359</sup>. Ya en 1724 que Gabriel Fahrenheit usó mercurio como líquido termométrico. La expansión térmica del mercurio es amplia y uniforme, lo cual evita que se adhiera al vidrio y hace que permanezca líquido a muy diversas temperaturas. Su apariencia plateada hace que sea fácil de leer. Fahrenheit describió cómo calibró la escala de mercurio de su termómetro: “Colocando el termómetro en una mezcla de sal de amonio o agua salada, hielo y agua, se establece un punto sobre la escala, que llamé cero. Un segundo punto se estableció de la misma manera, si la mezcla es usada sin sal, asignando este punto como 30. Un tercer punto, designado como 96, se obtuvo colocando el termómetro en la boca para adquirir el calor del cuerpo humano”<sup>360</sup>. Sobre esta escala, Fahrenheit midió el punto de ebullición del agua obteniendo 212. Después adjudicó el punto de congelación del agua a 32, de modo que el intervalo entre el punto de congelación y ebullición del agua puede ser

---

<sup>357</sup> CHALDECOTT, J. A.: *Temperature measurement & control, part II*. London: Science Museum, 1976 (Catalogue of the collections in the Science Museum). London Science Museum, 1976 (Op. Cit.).

<sup>358</sup> CHALDECOTT, J. A.: *Temperature measurement & control, part II*. London: Science Museum, 1976 (Catalogue of the collections in the Science Museum). London Science Museum, 1976 (Op. Cit.).

<sup>359</sup> MIDDLETON, W. E. KNOWLES: *A history of thermometer and its use in metrology*. Baltimore, Maryland: The John Hopkins Press, 1996 (Op. Cit.).

<sup>360</sup> FAHRENHEIT, D. G.: *Phil. Trans.* (Londres) 33, 78, 1724

representado por el número 180. Las temperaturas medidas sobre esta escala son designadas como grados Fahrenheit (°F).

En 1745 Carlos Linneo de Uppsala, Suecia, describió una escala en la cual el punto de congelación del agua era 100 y el punto de ebullición 0, teniendo así una escala centígrada. Anders Celsius<sup>361</sup> (1701-1744) utilizó la escala al revés: el punto cero representaba el punto de congelación y 100 el punto de ebullición del agua, manteniendo los 100 grados entre los dos puntos. En 1948 el término Grado Centígrado fue reemplazado por el de Grados Celsius. Las temperaturas medidas sobre una escala centígrada, con el punto de congelación del agua en cero, son designadas como grados Celsius (°C). Para convertir grados Centígrados a grados Fahrenheit, se ha de multiplicar por 1,8 y sumar 32, según la fórmula  $^{\circ}\text{F} = 1,8^{\circ}\text{C} + 32$ . En 1780, el físico francés J. A. C. Charles<sup>362</sup> afirmó que para un mismo incremento de temperatura, todos los gases poseen el mismo aumento de volumen. Dado que los coeficientes de expansión de los gases son muy semejantes, es posible establecer una escala de temperatura basada en un solo punto fijo en vez de dos, como en las de Fahrenheit o Celsius. Así surgieron termómetros que emplean gas como medio termométrico<sup>363</sup>, termómetros de gas a volumen constante, cuyo bulbo contiene un gas, por ejemplo, hidrógeno, a una cierta presión, y se conecta a un manómetro de mercurio mediante un tubo de volumen muy pequeño (el bulbo es la porción sensible a la temperatura y debe procurar-

---

<sup>361</sup> Anders Celsius había nacido en Uppsala, en 1701, donde sucedió a su padre como profesor de Astronomía en 1730. Allí, en Uppsala, Celsius (hijo) construyó el primer Observatorio de Suecia, en 1741, el Observatorio de Uppsala, del cual fue nombrado director. Sin duda, Celsius es recordado como creador de la escala de temperaturas que lleva su nombre, la cual ideó en 1742. Asimismo, se recuerda a Celsius por su contribución al establecimiento del calendario gregoriano y por sus observaciones de la aurora boreal. En 1733, su colección de 316 observaciones de la aurora boreal fue publicada y en 1737 tomó parte de la expedición francesa cuyo objetivo era medir el meridiano en las regiones polares; Newton había aseverado que la Tierra no era completamente esférica, sino algo achatada en los polos. En 1735, una expedición navegó a Ecuador y otra, al Norte de Suecia; Celsius fue el único astrónomo profesional en esa expedición y sus medidas parecieron indicar que la Tierra, efectivamente, se encuentra achatada en ambos polos. Pero Celsius no solo fue inventor y astrónomo, sino un físico prominente, cuyo hecho más relevante fue la escala de temperaturas, actualmente casi universalmente utilizada y basada en los puntos de congelación y ebullición del agua. Anders Celsius murió joven, en 1744, a la edad de 42 años. Había comenzado muchos proyectos de investigación, pero solo terminó pocos. Entre sus escritos, escribió el borrador de una novela de ciencia-ficción, situada parcialmente en la estrella Sirius.

<sup>362</sup> GAMOV, GEORGE: *The great physicists: from Galileo to Einstein*. New York: Dover Publications Ins., 1988 (Op. Cit.).

<sup>363</sup> CHALDECOTT, J. A.: *Temperature measurement & control, part II*. London: Science Museum, 1976 (Catalogue of the collections in the Science Museum). London Science Museum, 1976 (Op. Cit.).

se que todo sea de mercurio). El nivel de mercurio en él puede controlarse elevando o no el nivel en el reservorio. La presión del hidrógeno varía en relación lineal con la temperatura, como diferencia entre los susodichos niveles. P. Chappuis in 1887 dirigió extensos estudios sobre los termómetros de gas con presión constante o con volumen constante usando hidrógeno, nitrógeno y bióxido de carbono como medios termométricos y, a partir de estos resultados, el Comité Internacional de Pesos y Medidas<sup>364</sup> adoptó la escala de hidrógeno a volumen constante tomando como puntos fijos el punto de hielo (0° C) y de vapor (100° C) como escala práctica para la meteorología internacional. Experimentos con termómetros de gas han permitido conocer que es muy pequeña la diferencia en la lectura de temperaturas utilizando diferentes gases: es posible fijar una escala de temperatura independiente del medio termométrico, si este es un gas a baja presión. En este caso, todos los gases se comportan como un gas ideal y poseen una relación muy simple entre su presión, temperatura y volumen:  $pV=(\text{constante})T$ . Esta temperatura es llamada temperatura termodinámica y se acepta actualmente como medida fundamental de temperatura. En esta escala hay una definición natural del cero: el punto donde la presión del gas ideal se hace cero y por lo tanto la temperatura es cero. En 1933, el Comité Internacional de Pesos y Medidas zanjó cualquier eventual polémica adoptando como punto fijo el punto triple del agua o temperatura a la cual agua, hielo, agua líquida y vapor coexisten en equilibrio, punto de valor 273,16; la unidad de temperatura de esta escala fue llamada Kelvin, por Lord Kelvin (Williams Thompson) 1824-1907, y su símbolo es K (no utiliza grados). Para convertir grados Celsius a Kelvin se suma 273,16, según la fórmula  $K=^{\circ}\text{C}+273,16$ . La temperatura termodinámica es la temperatura fundamental y su unidad es el Kelvin, definiéndose como una fracción de  $1/273,16$  de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.

Sir William Siemens en 1871 propuso un termómetro cuyo medio termométrico era un conductor metálico cuya resistencia cambiaba con la temperatura<sup>365</sup>. El platino no se oxida a altas temperaturas y cambia de forma bastante uniforme con la temperatura. El ter-

---

<sup>364</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 184, 214, 226.

<sup>365</sup> MIDDLETON, W. E. KNOWLES: *A history of thermometer and its use in metrology*. Baltimore, Maryland: The John Hopkins Press, 1996 (Op. Cit.).

mómetro de resistencia de platino se utiliza como termómetro termoelectrico y cubre unos límites de temperaturas entre  $-260^{\circ}\text{C}$  y  $1235^{\circ}\text{C}$ . La Escala de Internacional de Temperaturas de 1990 hizo que el Comité Internacional de Pesos y Medidas adoptase los siguientes estándares, mantenidos desde 1989. Entre 0,65 K y 5,0 K, la temperatura se definió en términos de la presión de vapor (relación de temperaturas del isótopo de Helio). Entre 3,0 K y el punto triple del Neón (24,5561 K) la temperatura se definió por medio de un termómetro de gas (Helio). Entre el punto triple del hidrógeno (13,8033 K) y el punto de congelación de la plata ( $961,78^{\circ}\text{C}$ ) la temperatura se definió por medio de termómetros de resistencia de platino. Por encima del punto de congelación de la plata la temperatura se definió en términos de la Ley de Radiación de Planck. T. J. Seebeck en 1826 descubrió que cuando se calientan hilos de diferentes metales, fluye corriente de uno a otro. La fuerza electromotriz generada puede ser cuantitativamente relacionada con la temperatura y así el sistema puede ser usado como un termómetro. Conocido como “termopar”, éste se usa en la industria, empleándose diferentes metales: níquel / aluminio y platino / platino-rodio, entre otros. El Instituto Nacional de Estándares y Tecnologías (NIST) mantiene bases de datos para estandarizar termómetros.

En definitiva, un termómetro mide temperatura, empleando materiales que cambian de alguna forma al ser calentadas o enfriadas. El mercurio o el alcohol de un termómetro se expanden al ser calentados y se contraen al ser enfriados, con lo que la longitud de la columna líquida es mayor o menor dependiendo de la temperatura. Los termómetros modernos son calibrados en escalas patrón de temperatura, en unidades Fahrenheit o Celsius. Los primeros termómetros fueron llamados “termoscopios”<sup>366</sup>; aunque varios físicos idearon distintas versiones de termoscopios, fue el italiano Santorio el primero en ubicar una escala numérica en el instrumento<sup>367</sup>. Galileo Galilei (figura 518) creó un rudimentario termómetro de agua en 1593, el cual, por primera vez, permitía medir variaciones de temperatura<sup>368</sup>.

---

<sup>366</sup> MIDDLETON, W. E. KNOWLES: *A history of thermometer and its use in metrology*. Baltimore, Maryland: The John Hopkins Press, 1996 (Op. Cit.).

<sup>367</sup> BORCHI, EMILIO: *Termometri e termoscopi*. Firenze: osservatorio Ximeniano de Firenze, 1997 (Op. Cit.).

<sup>368</sup> BEDINI, SILVIO A.: *The Pulse of Time: Galileo Galilei, the determination of longitude and pendulum clock*. Firenze: Leo S. Olschki, 1991 (Op. Cit.).



En 1714, Gabriel Fahrenheit inventó el primer termómetro de mercurio, el “moderno” termómetro; de hecho, cinco años antes, en 1709, Fahrenheit había creado el termómetro de alcohol<sup>369</sup>. Así pues, hasta principio del siglo XVII, no existía procedimiento alguno de cuantificar calor o temperatura; como queda dicho, Santorio creó diversos instrumentos, entre ellos el “termoscopio”, precursor del termómetro y fue Santorio el primero en aplicar una escala numérica. Con la creación del termómetro de mercurio, ese mismo año de 1724, Fahrenheit introdujo la escala de temperatura que lleva su nombre. Por otra parte, la escala Celsius de temperatura, también denominada “escala de grados centígrados”, ya que “centígrado” viene a decir que la escala se halla dividida en cien partes (100°), escala ideada por el astrónomo sueco Anders Celsius (1701-1744)<sup>370</sup>. Los 100 grados de la escala los situó entre el punto de congelación (0° C) y de ebullición (100° C) del agua destilada, a la presión del nivel del mar. El término “Celsius” fue adoptado en 1948 por la Conferencia Internacional de Pesos y Medidas y Lord Kelvin también realizó su gran aportación, con la Escala Kelvin en 1848, la cual mide los últimos extremos de frío y calor<sup>371</sup>.

Termómetro de Réaumur [MFH sn] (figura 519). Foto número: 078. Este aparato fue fabricado por la casa *W.F. Rohrpeck*, en la ciudad de Berlín, Alemania, en el año 1848. Exhibe el número de serie 267. Son sus medidas: 44,8 cm de altura, 2,0 cm de ancho y 2,0 cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este termómetro perteneció a la cátedra de Química Orgánica.

---

<sup>369</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 209.

<sup>370</sup> TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998 (Op. Cit), p. 111.

<sup>371</sup> Kelvin desarrolló la idea de la “temperatura absoluta”, que denominó “Segunda Ley de la Termodinámica”. Sir William Thomson, el Barón *Kelvin of Largs* o *Lord Kelvin de Escocia* (1824-1907) estudió en la Universidad de Cambridge; luego, fue Profesor de Filosofía Natural en la Universidad de Glasgow. Entre otros descubrimientos, en 1852 descubrió el “efecto Joule-Thomson” de los gases y trabajó en el primer cable telegráfico trasatlántico (hecho por el cual fue nombrado “Caballero”), y fue el inventor del galvanómetro de espejo, entre otros.



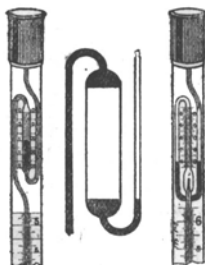
**Figura 519. Termómetro de Réaumur [MFH sn].**

Ocho termómetros de referencia [MFH sn] (figura 520). Foto número: 221. Las escalas de medida, de los ocho termómetros son las siguientes: 19 a 21°C; 150 a 124°C; 100 a 126°C; 72 a 100°C; 50 a 75°C; 36 a 50°C; 0 a 26°C y -24 a 0°C. Fueron fabricados por la casa *Haake*, en la ciudad de Gebruder, Alemania. Son las medidas externas de su caja: 18.0 cm de altura (abierta) y 3,2 cm cerrada, 22 cm de ancho y 17 cm de fondo y las medidas de cada termómetro son: 18,5 cm de alto y 1,3 cm de diámetro. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: caja de madera y terciopelo, termómetros metálicos (mercurio) internamente, con su carcasa de vidrio y mercurio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 520. Ocho termómetros de referencia [MFH sn].**

Termómetro de comparación de Beckman [MFH 3817] (figura 522). Foto número: 163. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio, mercurio. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales, en el despacho del Prof. Dr. Benito del Castillo.



**Figura 521. Principio del funcionamiento del termómetro de comparación de Beckman.**



**Figura 522. Termómetro de comparación de Beckman [MFH 3817].**

Termómetro de comparación de Beckman [MFH sn] (figuras 523 y 524). Foto número: 267 y detalle en foto 268. Posee escala de medida relativa, pues el instrumento es de comparación. Son sus medidas: 56,0 cm de altura, 1,7 cm de ancho y 1,7 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio, mercurio, asa para colgar el termómetro, también de metal. Su estado de conservación es deficiente, pues está roto. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid. Este termómetro perteneció al laboratorio de Técnica Física.



**Figura 523. Termómetro de comparación de Beckman [MFH sn].**



**Figura 524. Detalle de anterior [MFH sn].**

Termómetro de comparación de Beckman [MFH sn] (figuras 525 y 526). Foto número: 269 y detalle en foto 270. Posee escalas de medida relativas, de comparación. Son sus medidas: 55,0 cm de altura, 1,4 cm de ancho y 1,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio, mercurio, asa para colgar el termómetro, también de metal. Su estado de conservación es bueno y se ve que ha sido usado recientemente. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 525. Termómetro de comparación de Beckman [MFH sn].**



**Figura 526. Detalle de anterior [MFH sn].**

Juego de ocho termómetros tipo Baudin para calorimetría [MFH sn] (figura 527). Foto número: 276. Dos de ellos, que exhiben los números de serie 11966, 11965, poseen escala de medida, respectivamente, de 0 a 42 y de 0 - 50 grados centígrados y miden 34,7 cm de altura, 0,3 cm de ancho y 0,3 cm de fondo. Los seis restantes poseen escalas de medida de 0 – 33; uno exhibe el número de serie 9543; cada uno de ellos mide 50,0 cm de altura, 0,7 cm de ancho y 0,7 cm de fondo. Los materiales con los fueron contruidos son de vidrio. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de Madrid.



**Figura 527. Termómetros tipo Baudin para calorimetría [MFH sn].**

Refrigerante de vidrio [MFH sn] (figura 528). Foto número: 178. Son sus medidas: 19,6 cm de altura, 12,6 cm de ancho y 7,0 cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno, aunque necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.





**Figura 528. Refrigerante de vidrio [MFH sn].**

Refrigerante cerámico [MFH sn] (figura 529). Foto número: 179. Fabricado (sin más datos) en Alemania. Son sus medidas: 16,9 cm de altura, 13,5 cm de ancho y 8,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son cerámicos. Su estado de conservación es muy bueno, necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 529. Refrigerante cerámico [MFH sn].**



## 24. MEDIDAS DE PRESIÓN, TENSIÓN DE VAPOR Y GRADO HIGROMÉTRICO

Si en la tesis hay algún capítulo que conjunta los intereses y objetivos farmacéuticos con los físicoquímicos, es éste, donde disponemos de siete instrumentos, cinco de los cuales son higrómetros y dos de ellos manómetros. Tenemos ante nosotros una parte de la colección harto significativa, pues existen modelos de prácticamente todos los tipos posibles de higrómetros: de tipo Daniell, Regnault, de evaporación, químico y de punto de rocío y, además, en un excelente estado de conservación.



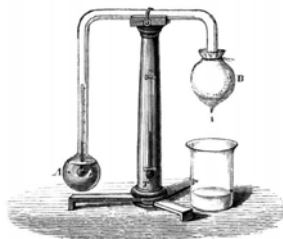
**Figura 530. John Frederic Daniell (1790-1845).**

Higrómetro de Daniell [MFH 989] (figura 532). Foto número: 339. Son sus medidas: 20,3 cm de altura, 13,5 cm de ancho y 8,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación es bueno, oxidado, necesita limpieza líquidos internos. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento procede del Laboratorio de Técnica Física. El higrómetro<sup>372</sup> posee dos bulbos de cristal, colgados sobre una base y unidos por un tubo también de cris-

---

<sup>372</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 78, 119.

tal<sup>373</sup>. Uno de los bulbos de cristal contiene éter y se prolonga en un termómetro. El éter se colecta y disipa, mientras que el otro bulbo puede enfriarse o calentarse suavemente. La temperatura de condensación se produce por la evaporación del éter<sup>374</sup>. El higrómetro (de) Daniell (figura 531) permite sencillas determinaciones del vapor existente en una masa dada de atmósfera y la temperatura promediada vista es el “punto de rocío”.



**Figura 531. Higrómetro de Daniell.**



**Figura 532. Higrómetro de Daniell [MFH 989].**

<sup>373</sup> BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6<sup>a</sup> ed., París: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834. (Op. Cit.) p. 152

<sup>374</sup> MIDDLETON, W. E. KNOWLES: *Invention of the meteorological instruments*. Michigan: University Microfilms International, 1991.

Higrómetro de Regnault<sup>375</sup> [MFH 3072] (figura 534). Foto número: 337. Son sus medidas: 35,0 cm de altura, 10,1 cm de ancho y 8,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, vidrio, recubiertos por debajo con látex. Su estado de conservación: está bastante usado, los tapones de corcho sin flexibilidad. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Originalmente estaba en una caja de madera, con un termómetro y procedía de la cátedra de Técnica Física.



**Figura 533. Experimentos con un higrómetro de Regnault.**



**Figura 534. Higrómetro de Regnault [MFH 3072].**

---

<sup>375</sup> JAMIN, M.: *Cours de Physique de l'école polytechnique*, 4<sup>a</sup> ed. Paris: Gautiers-Villars, imprimeur-librairie, 1886. (Op. Cit), p. 161.

Higrómetro de evaporación [MFH 3913] (figura 535). Foto número: 382. Posee escalas de medida, 5 - 0 - 5. Son sus medidas: 16,5 cm de altura, 4,9 cm de ancho y 1,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, vidrio, madera con escala anotada con plumilla. Su estado de conservación es bueno, algo oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 535. Higrómetro de evaporación [MFH 3913].**

Higrómetro químico [MFH sn] (figura 536). Foto número: 015. Son sus medidas: 47,5 cm de altura, 29,2 cm de ancho y 29,2 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Respecto a su conservación, se encuentra oxi-

dato, requiere limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.



**Figura 536. Higrómetro químico [MFH sn].**

Higrómetro de punto de rocío o de condensación [MFH sn] (figura 537). Foto número: 331. Son sus medidas: 17,9 cm de altura, 8,9 cm de ancho y 7,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: base de madera, acero. Su estado de conservación es muy bueno, con la madera algo ajada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



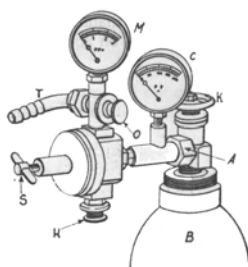


**Figura 537. Higrómetro de punto de rocío o de condensación [MFH sn].**

Existen en la colección dos manómetros, catalogados como [MFH 3530] y [MFH 3928]. Ambos fueron utilizados como medidores y reguladores de presión en fluidos. La lectura de presión se tomaba como diferencia entre dos presiones: la atmosférica y la suma de la presión del fluido y la atmosférica<sup>376</sup>. Un manorreductor, a diferencia de un manómetro, puede ajustar la presión de salida del fluido; los manorreductores se utilizan en laboratorio en la mayoría de las balas de gases y suelen constar de dos medidores: uno primario (un manómetro simple) y un regulador secundario de la presión de salida, mucho más baja (figura 538).

---

<sup>376</sup> MÉTRAL, P.: *Précis de physique pour le brevet élémentaire*, 2<sup>a</sup> ed. Paris: Massan et Cie, 1930. (Op. Cit.) p. 147.



**Figura 538. Manómetros.**

Manómetro [MFH 3530] (figura 540). Foto número: 381. Este aparato fue fabricado por la casa *Gebr. Körting*, en Hannover, Alemania. Son sus medidas: 13,7 cm de altura, 11,3 cm de ancho y 2,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación necesita limpieza, pero es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 540. Manómetro [MFH 3530].**

Manómetro [MFH 3928] (figura 541). Foto número: 024. Posee escalas de medida, de kg.p.qcm. 0 a 110, marca en 30. Este aparato fue fabricado por la casa *Manuel Álvarez, material científico*, en la calle Mayor, número 76, en la ciudad de Madrid, España. Exhibe el número de serie 1511084. Son sus medidas: 21,0 cm de altura, 9,8 cm de ancho y 9,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, vidrio visor. Su estado de conservación es bueno, con un golpe causante de que esté torcido. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.



**Figura 541. Manómetro [MFH 3928].**

## **25. MEDIDAS DE TENSIÓN SUPERFICIAL Y VISCOSIDADES**

La tensión superficial es una medida de la energía de cohesión presente en una capa, que puede ser una membrana, una monocapa, etc. Las moléculas de un líquido atraen a otras. Las interacciones de una molécula dentro de un líquido se fundamentan en fuerzas de atracción equivalentes en todas las direcciones. El efecto neto de esta situación es la presencia de energía libre en la. El exceso de energía se llama energía libre de superficie y se puede cuantificar como una medida de energía / área. También es posible para describir esta situación cuantificar la tensión superficial mediante una medida de fuerza / longitud. Las unidades habituales de tensión superficial son dinas / cm ó mN / m, unidades que son equivalentes. Este exceso de energía existe en la interfaz de dos fluidos. Si uno de éstos es un vapor de un líquido, la medida se denomina “tensión superficial”. Si lo que se analiza es la interfaz entre dos líquidos, la medida se denomina “tensión interfacial”. El fluido más denso suele recibir el nombre de “fase pesada”, a diferencia del menos denso, que se denomina “fase ligera”. Los sólidos también poseen una energía libre de superficie; sin embargo es muy difícil medirla, porque los métodos analíticos al uso se refieren a líquidos. Los líquidos polares, como el agua, presentan fuertes interacciones intermoleculares y, por tanto, alta tensión superficial. Cualquier factor que reduzca la fuerza de esa interacción, disminuirá la tensión superficial: por ejemplo, un aumento de temperatura. Cualquier contaminación, sobre todo por tensoactivos, reduce asimismo la tensión superficial; es por eso que hay que extremar los cuidados con la presencia de contaminantes.

Las medidas de tensión superficial abren el campo de la “tensiometría”. Las medidas de superficie y tensión interfacial se realizan en un aparato denominado “tensiómetro”, medidas basadas en la interacción de un sensor con la superficie de la interfaz de dos fluidos: un sensor pende en una balanza, contactando con la superficie del líquido a medir; las fuerzas experimentadas en la balanza al interaccionar la sonda con la superficie del líquido

sirve para calcular la tensión superficial, fuerzas que dependen de diversos factores, como el tamaño y forma del sensor, ángulo de contacto de la interacción líquido / sólido y de la tensión superficial del líquido. La interpretación matemática de las medidas de fuerza depende asimismo de la geometría del sensor empleado. Se suelen utilizar dos tipos de sensores: el anillo DuNouy<sup>377</sup> y la placa de Wilhelmy<sup>378</sup>.

Por otra parte, la tensiometría consiste en medir en los ángulos de contacto las fuerzas presentes cuando un sólido (muestra) contacta con un patrón líquido. Las fuerzas de la interacción, geometría del sólido y tensión superficial del líquido son conocidas y, con ellas, se calcula el ángulo de contacto. La medida de la tensión superficial del líquido se realiza mediante los métodos de la placa de Wilhelmy (figura 543) o del anillo de DuNouy (figura 542). La muestra (sólida) se cuelga de una balanza y se tara. El líquido se añade hasta contactar con el sólido (sensor) colgado de la balanza. La técnica tensiométrica para medir ángulos de contacto posee varias ventajas sobre la goniometría<sup>379</sup> convencional, como permitir analizar fibras, determinación problemática mediante goniometría y fácil de realizar mediante tensiometría. La tensiometría es la técnica de elección para determinar la concentración micelar crítica.

---

<sup>377</sup> El método del anillo de DuNouy utiliza la interacción de un anillo de platino con la superficie a determinar. El anillo se sumerge por debajo de la interfaz y luego se acciona hacia arriba, hasta generar un menisco de líquido, que tiende a volver a su posición inicial. Pero, si se sigue estirando la balanza hacia arriba, el menisco alcanza un máximo, hasta que la interfaz rompe. El cálculo de la superficie o tensión interfacial se basa en la medida de ese máximo.

<sup>378</sup> El método de la placa de Wilhelmy utiliza la interacción de una placa de platino sobre la superficie a testar. Los cálculos se basan en la geometría de una placa totalmente mojada, sin sumergirse en ella, en contacto con la fase. Una variante es utilizar un cilindro metálico, en determinaciones con líquidos en cantidades muy pequeñas; este cilindro de platino como sonda se utiliza en el método de Wilhelmy en vez de la placa.

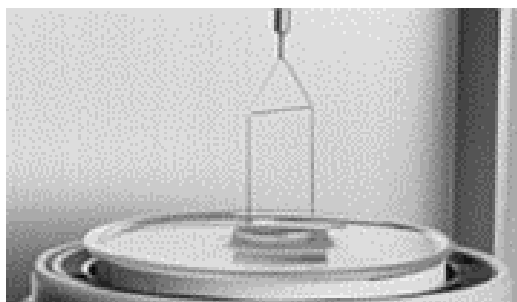
<sup>379</sup> La goniometría se utiliza situaciones donde la tensiometría no puede aplicarse, situaciones que son bastantes. Con la goniometría se pueden utilizar muchas sustancias sólidas, en una pequeña porción relativamente lisa o plana. Asimismo se analizan muy bien sustancias con curvatura regular, como lentes (y lentes de contacto). Los experimentos requieren muy poca cantidad de líquido y se pueden aplicar con facilidad altas temperaturas (por ejemplo, en el caso de polímeros). Sin embargo, la goniometría también tiene sus limitaciones, sobre todo definir la tangente que a su vez define el ángulo de contacto, factor que limita la reproducibilidad de las medidas del ángulo de contacto. La goniometría convencional depende de cuán experto sea el usuario al definir la tangente; esta es una fuente de error, sobre todo entre varios usuarios y las condiciones óptimas son a veces difíciles de conseguir.

Las películas de escaso grosor de algunas sustancias orgánicas, incluso de pocos nanómetros, se denominan monocapas, y han constituido una fuente casi inagotable de aplicaciones teóricas, prácticas e instrumentales, como sensores, detectores, monitores y circuitos eléctricos. La posibilidad de sintetizar moléculas orgánicas sin apenas ninguna limitación, con la estructura deseada y funcionalidad, es un hecho. Un film o capa orgánica se deposita sobre un sustrato sólido mediante diversas técnicas, como evaporación térmica, electrodeposición, adsorción en una disolución, las técnicas Langmuir-Blodgett (LB), auto-ensamblaje, etc. Quizá una de las más utilizadas es la técnica Langmuir-Blodgett (LB), por su buen y preciso control del espesor de la monocapa, la disposición homogénea de la monocapa resultante y la posibilidad de realizar estructuras múltiples, junto con la importante ventaja de poder elegir cualquier tipo de sustrato sólido. El origen de las monocapas de Langmuir o Langmuir-Blodgett comenzó con Benjamin Franklin<sup>380</sup> (1774) y un siglo después, Lord Rayleigh aseveró que la máxima extensión de una capa oleosa en agua representaba un finísimo film del espesor de una sola molécula. En 1891 la científica alemana Agnes Pockles desarrolló una balanza rudimentaria de superficie para determinar la contaminación superficial del agua en función del área superficial de distintos aceites. Irwing Langmuir fue el primer científico en realizar experimentos e investigaciones sistemáticas sobre monocapas en el periodo comprendido desde finales de la década 1910 y el comienzo de la de 1920, estudios que le valieron el Premio Nobel. Sin embargo, la primera descripción detallada de monocapas secuenciales se debe a Katherine Blodgett, algunos años después, por lo que ese tipo de monocapas se denominan “de Langmuir-Blodgett (LB)”, quedando el término “monocapa de Langmuir (L-)” para aquellas flotantes. W. D. Harkins propuso en 1952 la terminología actual de las monocapas. En definitiva, los conceptos de tensiometría, micelas y monocapas son fundamentales para cuantificar y comprender el comportamiento de sustancias tan comunes como tensoactivos, jabones, detergentes, emulsiones, fármacos, pinturas, papeles, películas, productos cosméticos, aceites, lubricantes, y un largo etcétera, donde hemos de incluir los polímeros; medir en ellos la tensión superficial resulta fundamental.

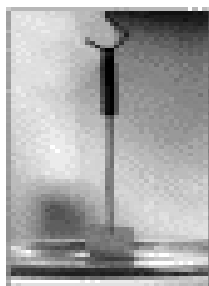
---

<sup>380</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 95, 141.

Las determinaciones tensiométricas actuales se realizan con instrumentos basados en microbalanzas electrónicas, capaces de detectar  $0,05 \mu\text{N}$ , sensibilidad imperativa cuando, por ejemplo, se estudian nuevas fibras.

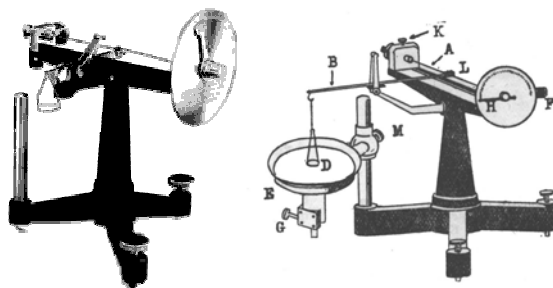


**Figura 542. Anillo de DuNouy.**



**Figura 543. Placa de Wilhelmy.**

Actualmente existen tensiómetros “de precisión”, tensiómetros interfaciales que realizan medidas fáciles con gran rapidez, en pocos segundos. Con ellos, la medida es directa, pues su escala circular viene graduada en dinas / cm y, de esta forma, no se precisan más cálculos. Son compactos, transportables y suelen reposar sobre un trípode con los correspondientes tornillos de ajuste para un correcto nivel.



**Figura 544. Tensiómetro de Nouy.**

Vemos que tales instrumentos apenas difieren del ideado en 1919 por P. Lecomte DuNouy en el *Rockefeller Institute of Medical Research*; este instrumento reduce la dificultad de medir la tensión superficial y fue capaz de proporcionar resultados fiables (figuras 544 y 545). La medida que muestra viene expresada en dinas / cm, determinando la fuerza necesaria para levantar un anillo de platino-iridio de la superficie de un fluido, basándose en el método del anillo DuNouy, como queda dicho.



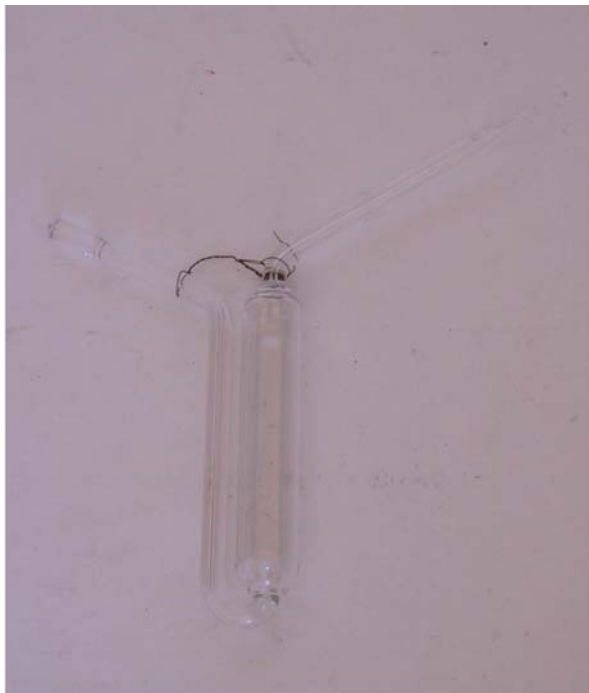
**Figura 545. Tensiómetro de Nouy.**

Una de las aplicaciones clásicas del tensiómetro de Nouy son la determinación de tensoactivos, los fenómenos de superficie y de equilibrio de interfases o la investigación de formaciones micelares. Cuando la estructura molecular de un compuesto es tal que su molécula contiene partes solubles en agua y otras insolubles, el comportamiento del compuesto frente al disolvente cambia, ya que no se distribuyen uniformemente en el disolvente, siendo su concentración en la superficie de éste y en sus proximidades, mayor que en el re-



sto del líquido. Los tensoactivos, por la estructura polar-apolar de su molécula, presentan este fenómeno y disminuyen la tensión superficial del agua en concentraciones por debajo de la concentración en la que el tensoactivo ha cubierto la totalidad de la superficie. Arriba de esta concentración las moléculas de tensoactivo se dirigen hacia al interior del líquido formando agregados de moléculas sencillas de tensoactivos resultando una estructura con una orientación específica de alto peso molecular a partir de la cual se observan cambios bruscos en las propiedades fisicoquímicas como en su conductividad, presión osmótica, turbidez, tensión superficial. A esta concentración a la cual se da este cambio se le llama concentración micelar crítica (*CMC*) y para la determinación de esta concentración, tan importante de determinar, se puede acudir a la medida de tensión superficial. Utilizando cualquiera de los métodos conocidos: pesada de la gota, ascenso capilar o tensiómetro de Du-Nouy. Respecto a la medida de la tensión superficial, también se puede llevar a cabo con los mismos medios (pesada de la gota, ascenso capilar, tensiómetro de DuNouy).

Picnómetro de sólidos [MFH sn] (figura 546). Foto número: 260. Materiales de construcción de vidrio. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 546. Picnómetro de sólidos [MFH sn].**

Tensiómetro de Nouy [MFH 4069] (figura 547). Foto número: 084. Este aparato, modelo *du Noiÿ tensiometer, precision direct reading model*, fue fabricado por la casa *Cemco Central Cientific Co*, en la ciudad de Chicago, Estados Unidos, y fue distribuido por *Dr. Torrecilla, farmacia y droguería, material científico*, calle Barquillo, número 37, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 24,0 cm de altura, 24,0 cm de ancho y 20,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es muy bueno, y presenta su propia caja, con accesorios. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 547. Tensiómetro de Nouy [MFH 4069].**

Frasco para medir viscosidad [MFH sn] (figura 548). Foto número: 164. Está aforado a 200 ml y son sus medidas: 22,7 cm de altura, 6,9 cm de ancho y 6,9 cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 548. Frasco para medir viscosidad [MFH sn].**

Frasco colector para viscosímetro Engler [MFH sn] (figura 549). Foto número: 184. Posee 50 cc, y es aforado. Son sus medidas: 14,6 cm de altura, 3,2 cm de ancho y 3,2 cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. Su estado de conservación es bueno y sólo necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. La viscosidad relativa se determina utilizando el viscosímetro de Engler, creado por Carl Engler, químico alemán (1842 - 1925) quien inventó la actual unidad de medida de la viscosidad de los aceites combustibles y de los lubricantes (grados Engler). En realidad se llamaba Carl Oswald Viktor Engler; había nacido en Weisweil, Baden en 1842 y luego moriría en Karlsruhe en 1925. Este químico alemán fue

un estudioso de los aceites minerales y de los derivados del petróleo; hoy se le recuerda, sobre todo, por ser el creador del viscosímetro que lleva su nombre.



**Figura 549. Frasco colector para viscosímetro Engler [MFH sn].**

A continuación se exponen tres viscosímetros de diferente tipo. La viscosidad se puede identificar como un atributo interno de los líquidos y gracias a ella se pueden clasificar los líquidos. La viscosidad absoluta o dinámica representa la fuerza por unidad de superficie que se establece entre dos estratos líquidos paralelos, cuando uno se mueve respecto al otro, con una velocidad unitaria; por la ecuación de Newton,  $\eta = (F \cdot de) / (S \cdot dv)$ , donde  $\eta$  es la viscosidad absoluta o dinámica, F la fuerza, S la superficie, de un espesor infinitesimal del líquido y dv la variación infinitesimal de la velocidad lineal; las unidades de

medida de la viscosidad (en el sistema cegesimal) son *poises* (un gramo por cm y por segundo ( $\text{g cm}^{-1} \text{s}^{-1}$ )). Generalmente se emplea el submúltiplo *centiPoise* (*cP*). Por otra parte, la viscosidad cinemática representa la viscosidad absoluta de un líquido dividida por la densidad de dicho líquido ( $\eta = \eta/d$ ), siendo la unidad de medida de la viscosidad cinemática, en el sistema cegesimal, el *stokes* (*St*,  $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ ), aunque también se suele utilizar el submúltiplo *centistokes* (*cSt*). Además, la viscosidad relativa representa la viscosidad de un fluido respecto a otro (habitualmente agua destilada); la viscosidad relativa se mide en grados Engler. Es importante precisar que todas las medidas realizadas dependen del sistema de medida, a temperatura constante, pues un aumento de temperatura conlleva una disminución de la viscosidad y viceversa. Una aplicación clásica es la determinación de las características del aceite de oliva, para lo cual se realizan diversas medidas de viscosidad (absoluta, relativa), así como en otros aceites industriales (de combustibles, motores, etc.). Por último, existe otro tipo de viscosímetro para llevar a cabo medidas de la viscosidad absoluta y cinemática: se trata del viscosímetro de Høepppler<sup>381</sup>, basado en el mismo principio que el viscosímetro de esfera. La viscosidad que determina es la absoluta, la cual permite calcular la cinemática. Así pues, la viscosimetría es un método de análisis fisicoquímico basado en la medida de la viscosidad de una sustancia. La viscosidad representa la resistencia de una sustancia a cambiar de forma. También se define como la resistencia de un líquido a fluir por un tubo capilar, y se mide en poises (segundos-dina por centímetro cuadrado). La viscosidad de los líquidos se mide en un viscosímetro. Hay dos tipos de viscosímetros: por goteo de la muestra en un tubo capilar de vidrio, y electrónicos. Las medidas de viscosidad proporcionan información analítica, aunque limitada, y son habituales en industrias que producen polímeros, aceites y líquidos de no muy alta fluidez, así como en las refinerías de aceite para determinar las viscosidades de los aceites refinados.

---

<sup>381</sup> Para el cálculo de la viscosidad es necesario medir previamente la densidad del líquido analizado, usando por ejemplo un picnómetro. El procedimiento es simple: se calcula la diferencia de peso tras pesar el picnómetro lleno del líquido analizado y luego se pesa el picnómetro vacío, dividiendo la masa obtenida por el volumen de la muestra, con lo cual se obtiene el peso específico, a la temperatura en que se realiza la prueba. Para ello, debemos contar con un picnómetro, una balanza analítica, un viscosímetro de Høepppler con termotato para mantener constante la temperatura del fluido analizado, y un areómetro

Viscosímetro (aparato doble refracción Duboscq y Pellin<sup>382</sup>) [MFH sn] (figura 551). Foto número: 210. Son sus medidas: 36,8 cm de altura, 16,0 cm de ancho y 13,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, base de madera, objetivo de vidrio. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidado y necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 550. Aparato de doble refracción Duboscq y Pellin.**

---

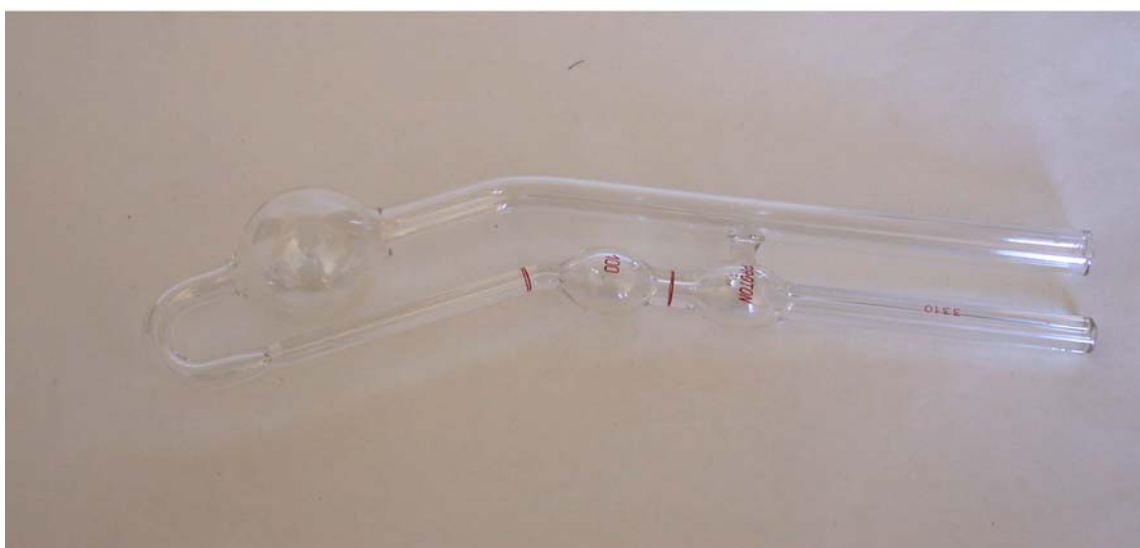
<sup>382</sup> BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6<sup>a</sup> ed., Paris: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834. (Op. Cit.) p. 290.



**Figura 551. Viscosímetro (aparato doble refracción Duboscq y Pellin) [MFH sn].**

Viscosímetro de Oswald modificado [MFH sn] (figura 552). Foto número: 212. Este aparato fue fabricado por la casa *Proton*. Son sus medidas: 23,5 cm de altura, 7,0 cm de ancho y 3,3 cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.





**Figura 552. Viscosímetro de Oswald modificado [MFH sn].**

Viscosímetro para sangre Hellige [MFH sn] (figura 553). Foto número: 226. Fue fabricado por la firma *Dr. E. Hellige* en el año 1935 y fue distribuido por *Establecimientos Jodrá*, casa central, calle Príncipe, 5, Madrid, teléfono 10057. Son sus medidas: 26,2 cm de altura, 5,6 cm de ancho y 4,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: soporte de madera, vidrio, metal, con dos tubos de vidrio para gota a gota y luego medir con cronómetro. Su estado de conservación es excelente. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada. Este viscosímetro fue vendido a Análisis Químico el 31-10-1935, por 175 Ptas.



**Figura 553. Viscosímetro para sangre Hellige [MFH sn].**

Reómetro [MFH sn] (figura 554). Foto número: 040. Este aparato fue fabricado por la casa *Talleres Numax S.A.* y responde al modelo Tipo 125 V 1400 rpm, 1,2A. Exhibe el número de serie 145976. Son sus medidas: 55,0 cm de altura, 29,1 cm de ancho y 38,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. Con este aparato se podían realizar ensayos físicos, basándose en la medida de las propiedades reológicas (viscosidad, elasticidad, plasticidad) de los materiales. Una parte de la reometría es la viscosimetría, que estudia las propiedades de los materiales en un régimen fluídico. Las técnicas reométricas se realizan al situar un material en un equipo llamado reómetro, que aplica un esfuerzo (estrés) controlado sobre las muestras, generalmente en forma de giro, y otras veces se las somete a

la acción de una cuña mientras giran para ver su resistencia a la deformación. Así se pueden clasificar los materiales según su comportamiento reométrico, en dos grupos: materiales newtonianos, cuya viscosidad es constante e independiente de la velocidad angular del giro, y no newtonianos, cuya viscosidad varía con el giro, bien en función del tiempo (materiales tixotrópicos, reopéticos y antitixotrópicos), bien independiente del tiempo. La reometría proporciona dos tipos de resultados analíticos: curvas de flujo (representación gráfica de la resistencia del material frente a la velocidad del giro a que se le somete) y curvas viscosimétricas (representación gráfica de la viscosidad frente al giro).



**Figura 554. Reómetro [MFH sn].**

## 26. INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS DE USO GENERAL EN EL LABORATORIO

En primer lugar, vemos que en la colección hay diversos embudos o utensilios huecos de forma cónica que finaliza en un cilindro más estrecho, utilizados en el laboratorio para manejar y trasvasar líquidos<sup>383</sup>. El embudo simple suele estar completamente hueco, pero a veces puede disponer de un filtro en su parte más baja. Suele ser de vidrio, otras veces cerámico y ya menos veces de plástico u otros materiales. Hay embudos que se fabrican con alta resistencia a la rotura en su punta, tan dura que se puede clavar en las poyatas de madera del laboratorio. El *embudo Büchner* está prolongado por su parte más ancha en un cilindro o depósito cuyo fondo es de porcelana agujereada sobre el que se deposita un filtro de papel. Se utiliza para filtrar soluciones gelatinosas o coloidales, bien por gravedad o con ayuda de una bomba de vacío o de un compresor. El *embudo de decantación* es un matraz invertido provisto de una llave de paso en la parte inferior, que se estrecha considerablemente al final. Se emplea en los procesos de extracción para separar las dos fases de dos líquidos inmiscibles.

Respecto a los matraces Erlenmeyer de la colección, se trata de recipientes muy utilizados en el laboratorio químico. Tienen forma cónica, con una sola boca en su parte superior, más estrecha que la base, que es plana y el matraz Erlenmeyer fue diseñado a fin de poder manejar soluciones con cierta precisión en vasos de gran capacidad. Suelen ser abiertos y de vidrio especial; también los hay cerrados, con tapón esmeril. El matraz Erlenmeyer denominado “kitasato” posee, además de la boca ancha superior sobre la que se coloca un embudo, una abertura con un tubo lateral que permite su conexión a una bomba de vacío en procesos de filtración.

---

<sup>383</sup> Término que deriva de la palabra latina *imbutum*, conducto lleno de líquido.

Soporte [MFH 3932] (figura 555). Foto número: 408. Son sus medidas: 129,0 cm de altura, 27,9 cm de ancho y 31,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, metal, vidrio. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 555. Soporte [MFH 3932].**

Soporte de madera para disoluciones [MFH sn] (figura 556). Foto número: 100. Son sus medidas: 7,3 cm de altura, 35,0 cm de ancho y 24,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, tornillos metálicos oxidados. Su estado de conservación es razonablemente bueno, con los tornillos oxidados. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 556. Soporte de madera para disoluciones [MFH sn].**

Prisma de aceite [MFH sn] (figura 558). Foto número: 173. Son sus medidas: 27,1 cm de altura, 8,2 cm de ancho y 5,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio, y contiene aceite en su receptáculo. Su estado de conservación es bueno y sólo necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba

en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 557. Prisma de aceite.**



**Figura 558. Prisma de aceite [MFH sn].**

Recipiente [MFH sn] (figura 559). Foto número: 405. Son sus medidas: 116,0 cm de altura, 41,2 cm de ancho y 41,1 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno, muy poco oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 559. Recipiente [MFH sn].**



Dos crisoles cerámicos de Gooch [MFH sn] (figura 565). Foto número: 188. Medidas del crisol izquierdo: 2,5 cm de altura, 2,3 cm de ancho y 2,3 cm de fondo; los materiales con los que se halla construido son: cerámicos y respecto a su estado de conservación, se ve que ha sido bastante usado y que necesita limpieza. En cuanto al crisol derecho [MFH sn], son sus medidas: 3,0 cm de altura, 2,2 cm de ancho y 2,2 cm de fondo, sus materiales cerámicos y su estado de conservación, se ve que ha sido bastante usado y necesita limpieza. Un crisol<sup>384</sup> es un recipiente de material refractario, es decir, muy resistente al calor, utilizado en la fusión de sólidos a altas temperaturas. El material a fundir, un metal o aleación, se dispone en el crisol, por lo general de porcelana, y éste directamente sobre una llama o dentro de un horno o mufla. La acepción normal de crisol se refiere a un pequeño platillo a escala de laboratorio, pero, por extensión, también se llama crisol la parte inferior de un alto horno, donde caen y se conducen los metales y aleaciones fundidos. Los crisoles<sup>385</sup> son

---

<sup>384</sup> Palabra derivada del catalán, *cresol*.

<sup>385</sup> Los crisoles más empleados en el laboratorio son cerámicos o de porcelana, mientras que los más utilizados a escala industrial son de grafito (figura 560). Se fabrican por moldeo y cocción a temperatura elevada, de una pasta compuesta de grafito, arcilla y alquitrán principalmente (figura 561). También se fabrican crisoles tallados directamente en bloques de grafito artificial. Cuando conviene concentrar el efecto calórico en una región determinada de los crisoles se recurre a disminuir el espesor de sus paredes en la parte que convenga, o bien a modificar la proporción de la mezcla de grafito y arcilla en las distintas zonas, haciendo por ejemplo que la parte central sea más arcillosa a fin que pueda calentarse más que las porciones extremas. Si se quiere evitar el peligro de una carburación, se emplean crisoles de magnesio u otras sustancias, o bien se adoptan crisoles de grafito provistos de un revestimiento interior adecuado. Los crisoles se construyen de muy diversos materiales, según el objeto al que se destinen. Así pues, existen diversos tipos de crisoles (figura 562): “crisoles de fundición”, pues la fundición muy carburada resiste la acción de agentes que atacan a muchos metales, por eso se utilizan en algunos casos crisoles de hierro fundido; “crisoles de plata”, que se utilizan en análisis para el ataque de diversas sustancias con los álcalis; “crisoles de platino”, muy empleados en análisis y su manejo requiere determinadas precauciones a fin de que no se deterioren con facilidad; crisoles de Hess, fabricados con una arcilla que por término medio contiene 71 % de sílice, 25 % de alúmina y 4 % de óxido férrico. A esta arcilla se le añade todavía de 1/3 a 1/2 % de su peso de arena cuarzosa. Se distinguen por ser muy refractarios y por consiguiente muy apropiados para muchas operaciones químicas en las que se requieren elevadas temperaturas. Sin embargo a causa de su porosidad y de lo áspero de su superficie no son utilizables para ciertos trabajos de fusión, como por ejemplo la de metales nobles; “crisoles de cemento”, que se preparan con una mezcla de arcilla, arena silícea, cemento y otras materias análogas; “crisoles de chamotte”, formados por arcilla rica en sílice y alúmina, que se ha mezclado con polvo de arcilla refractario ya cocida, con arena cuarzosa y otros materiales semejantes. Además, los crisoles responden a distintas morfologías (o modelos de crisoles): “crisoles de Passau o de Ips”, que se componen de una mezcla de arcilla refractaria y de grafito; “crisoles ingleses”, que se forman con una mezcla de dos partes de arcilla refractaria y una parte de coque; “crisoles de plumbagina”, que se fabrican con una pasta que contiene cuatro partes de plumbagina pulverizada y una parte de arcilla refractaria; “crisoles brascados”: todos los crisoles cuyas paredes poseen carbón obran como reductores sobre los óxidos metálicos que con ellos se someten a la acción de temperaturas elevadas. Son crisoles de arcilla refractaria cubiertos interiormente con una capa de carbón llamada brasca. Se emplean en las operaciones en las que hay que calentar una sustancia sustrayéndola a la acción oxidante del aire. La brasca enrojecida absorbe el oxígeno del aire, que penetra en el crisol a pesar de la tapa; “crisoles de

vasijas que se emplean con frecuencia en diversas operaciones químicas que han de poder resistir temperaturas elevadas sin fundirse, al mismo tiempo han de resistir cambios bruscos de temperatura sin resquebrajarse y no han de ser atacados por el combustible y los productos de la combustión, y tampoco por las sustancias que en ellos se someten a la acción del calor. Evidentemente, en nuestro caso hemos de hablar de crisoles de laboratorio, pero ecuéñimemente diré que una definición de crisol (industrial) habla de la concavidad existente en la parte inferior de los hornos altos y en los de manga, para recibir el metal fundido que se concentra en ella, separándose de las escorias que quedan sobrenadando. Los crisoles tienen distinta forma, pero generalmente son prismáticos y sus dimensiones son de 1,8 a 2,3 m de longitud, a nivel de las toberas; 0,75 a 1 m de ancho y de 0,5 a 0,8 m de alto. La cara posterior se llama “*rustina*”, la anterior “*dama*”, las laterales “*costeros*” y el fondo “*plaza*”. En el momento de la foto, ambos crisoles se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 560. Crisol de grafito con tapa.**

magnesia”; “crisoles de cristal de roca fundida”, que pueden sustituir en muchos casos a los de platino. Son mucho más económicos y resisten no solamente elevadas temperaturas sino los cambios bruscos de calor; “crisoles de Rose”: son crisoles de porcelana, provistos de una tapadera taladrada y de un tubo, todo de porcelana. Por el tubo se hace pasar una corriente de hidrógeno, con el cual se consigue calentar el contenido del crisol en un medio reductor y fuera del contacto del aire; nuestros “*crisoles de Gooch*”, unos crisoles de porcelana, cuyo fondo está agujereado en forma de criba y cubierto con un disco de papel de fieltro (figura 563); “crisoles de Neubauer”, unos crisoles de platino cuyo fondo está agujereado en forma de criba, y cubierto con una capa espesa de esponja de platino. Los crisoles para la fusión del acero (figura 564) se fabrican en *chamotte* (arcilla) o en grafito. Tienen de 24 a 39 cm. de altura y se cargan con 15 a 45 kg de acero. Se disponen aparejados o en grupos de cuatro, rodeados de carbón vegetal o de coque, en un horno de viento o bien 20 o más en uno de reverbero, en cuyo hogar se quema hulla o mejor aún en un horno Siemens-Martin con recuperador de calor. Finalmente, los crisoles se construyen con cuarcita, arcilla y una pequeña cantidad de arcilla refractaria que se mezclan y calcinan.



**Figura 561. Crisol de grafito “Salamander”.**



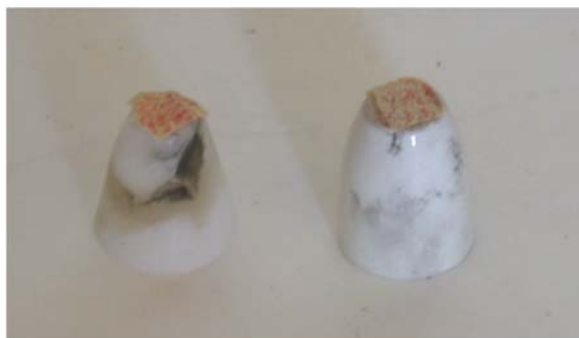
**Figura 562. Distintos modelos de crisoles.**



**Figura 563. Crisol de Gooch.**



**Figura 564. Crisol para fundir acero.**



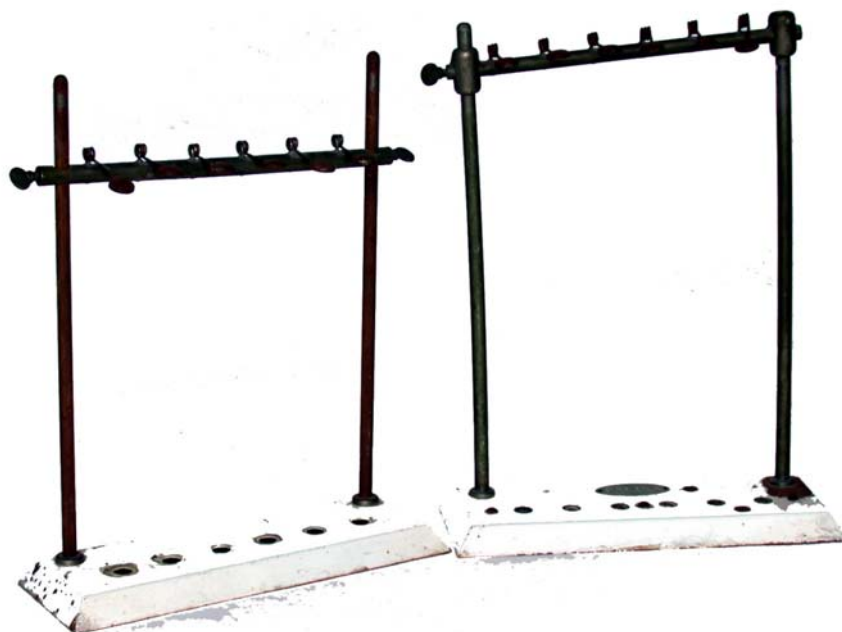
**Figura 565. Dos crisoles cerámicos de Gooch [MFH sn].**

Estativo [MFH 5413] (figura 566). Foto número: 131. Data del primer tercio del siglo XX y son sus medidas: 17,5 cm de altura, 6,0 cm de ancho y 6,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: baquelita, base con arandela de goma. Su estado de conservación es perfecto. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este estativo fue una donación del Sr. Lizcano, de la Farmacia de la calle Michelena en San Sebastián, al Museo.



**Figura 566. Estativo [MFH 5413].**

Dos estativos con soporte para seis tubos cada uno [MFH sn] (figura 567). Foto número: 057. Este aparato fue fabricado por la casa *Pacisa*, (acróstico de *Productos y Aparatos Científicos e Industriales, S.A.*) y actualmente *Pacisa-Giralt S.A.* en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 35,1 cm de altura, 26,0 cm de ancho y 10,5 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidado, necesita limpieza y pintura. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 567. Dos estativos para seis tubos [MFH sn].**

Matraz Erlenmeyer<sup>386</sup> con tapón esmeril canulado para contar gotas [MFH 3417] (figura 568). Foto número: 130. Son sus medidas: 13,4 cm de altura, 4,7 cm de ancho y 4,7

<sup>386</sup> El *erlenmeyer*, “matraz Erlenmeyer” o “frasco de Erlenmeyer” es un recipiente de laboratorio con base cónica invertida y cuello cilíndrico, ideado así porque su mayor ventaja es el manejo de muestras preciosas o excepcionalmente cáusticas. El recipiente toma su nombre del farmacéutico Emil Erlenmeyer (figura 566), quien nació el 28 de junio de 1825 en Weisbaden, Alemania y murió el 22 de enero de 1909 en Aschaffenburg, Alemania. Hijo de un farmacéutico, Erlenmeyer estudió farmacia en Giessen y química en Heidelberg. En Giessen fue alumno y luego maestro auxiliar con Justus Von Liebig. Graduado en 1851, se estableció en Weisbaden como farmacéutico, trasladándose en 1875 a Heidelberg donde instaló un laboratorio químico privado, ocupándose en primer lugar de la química orgánica. En 1863 fue designado Catedrático Titular de la Universidad de esta ciudad. En 1965, Erlenmeyer estableció la fórmula estructural de la naftalina, que rige en la actualidad; además de estudios de química estructural se ocupó en especial de anomalías en las densidades de vapor, capacidades de saturación, cuestiones de vapor, etc. En 1868 logró obtener la guanidina por vía sintética, a partir de cianamida y amoníaco. En el mismo año fue llamado como profesor de Química al Politécnico de Munich, donde se desempeñó hasta 1883, pues motivos de salud lo obligaron a dejar dicho cargo. Erlenmeyer, siguiendo las enseñanzas de Liebig, logró grandes éxitos en la organización de la enseñanza de la Química de Universidades y Facultades, siendo sus méritos reconocidos y premiados con el título

cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno, podría estar en uso. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Observaciones: grabado en el fondo “50”.



**Figura 568. Matraz Erlenmeyer con tapón esmeril canulado para contar gotas [MFH 3417].**

---

de Dr. Honoris Causa en Heidelberg y Munich. Erlenmeyer, fue además miembro de la academia Real de Ciencias de Baviera. En todos los laboratorios se le recuerda, al llamar “erlenmeyer” al matraz cónico que se utiliza para evitar pérdidas por salpicaduras durante procesos de ebullición o de valoración de soluciones y por la regla que lleva su nombre: “los alcoholes secundarios y terciarios que entre la función alcohólica y el vecino átomo de carbono, tienen una doble ligadura no pueden obtenerse pues se transforman en aldehídos y cetonas”.



**Figura 569. Emil Erlenmeyer (1825-1909).**

Dos matraces Erlenmeyer [MFH sn] (figura 570). Foto número: 250. Datos del mayor (izquierda de la foto): mide 4,7 cm de altura, 3,6 cm de ancho y 2,5 cm de fondo y está construido en vidrio. Datos del menor (derecha de la foto): mide 4,2 cm de altura, 6,9 cm de ancho y 2,0 cm de fondo y está construido son en vidrio. En el momento de la foto, se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 570. Dos matraces Erlenmeyer [MFH sn].**



Dos matraces Erlenmeyer con tubo en U lateral [MFH sn] (figura 571). Foto número: 248. El mayor (izquierda de la foto) mide 13,4 cm de altura, 7,4 cm de ancho y 8,5 cm de fondo. El menor (derecha de la foto) mide 5,4 cm de altura, 5,4 cm de ancho y 2,5 cm de fondo. Ambos están contruidos en vidrio y su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 571. Dos matraces Erlenmeyer con tubo en U lateral [MFH sn].**

Tubo para líquidos fluorescentes [MFH sn] (figura 572). Foto número: 168. Son sus medidas: 8,2 cm de altura, 19,3 cm de ancho y 4,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: base de madera, vidrio, soportes metálicos. Su es-

tado de conservación es tubo roto, falta electrodo izquierdo. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 572. Tubo para líquidos fluorescentes [MFH sn].**

Embudo de vidrio ámbar, filtrante [MFH sn] (figura 573). Foto número: 180. Este aparato fue fabricado por la casa *Schott v. Gerr Jena*, en la ciudad de Jena, Alemania<sup>387</sup>. Exhibe el número de serie 3FB3/5-7. Son sus medidas: 15,2 cm de altura, 3,2 cm de ancho y 3,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio, sílice. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encon-

---

<sup>387</sup> STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores. *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel (Op. Cit.), 1986, p. 219-220.

traba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 573. Embudo de vidrio ámbar, filtrante [MFH sn].**

Dos embudos [MFH sn] (figura 574). Foto número: 181. El embudo izquierdo fue fabricado por la casa *Schott v. Gerr Jena*, en la ciudad de Jena, Alemania. Exhibe el número de serie 59GHp. Son sus medidas: 9,8 cm de altura, 5,4 cm de ancho y 5,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio, sílice. Su estado de conservación es muy bueno. Respecto al embudo derecho, son sus medidas: 7,4 cm de altura, 3,9 cm de ancho y 3,9 cm de fondo. Los materiales con los que se halla construido son: vidrio, sílice. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, ambos se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 574. Dos embudos [MFH sn].**

Vaso recto [MFH sn] (figura 575). Foto número: 185. Son sus medidas: 14,6 cm de altura, 7,9 cm de ancho y 7,9 cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. Su estado de conservación es bueno y sólo necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 575. Vaso recto [MFH sn].**

Dos vasos de laboratorio [MFH sn] (figura 576). Foto número: 187. Datos del vaso derecho: es el clásico vaso en U; son sus medidas: 1,5 cm de altura, 1,4 cm de ancho y 1,4 cm de fondo y los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio. En cuanto al vaso de la izquierda, es el clásico vaso de precipitados, son sus medidas: 3,3 cm de altura, 2,8 cm de ancho y 2,6 cm de fondo, los materiales con que se construyó son vidrio y su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 576. Dos vasos de laboratorio [MFH sn].**

Navecilla [MFH sn] (figura 577). Foto número: 194. Este aparato fue fabricado por la casa *Bavaria*. Son sus medidas: 10,0 cm de altura, 1,0 cm de ancho y 1,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son cerámicos. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 577. Navecilla [MFH sn].**

Tubo de ensayo<sup>388</sup> para aplicaciones especiales [MFH sn] (figura 578). Foto número: 334. Son sus medidas: 19,5 cm de altura, 1,1 cm de ancho y 1,1 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son de vidrio. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este recipiente en forma de tubo cilíndrico abierto en uno de sus extremos y con el fondo curvo, pudo haber sido usado en los laboratorios químicos y microbiológicos para hacer pruebas. Es, como digo, de vidrio, sin ningún tipo de indicación de volumen y sin tapón. Algunas veces, y para aplicaciones específicas, podían utilizarse otros materiales, como plástico o cuarzo, y llevar marcas de volumen y tapón. Dado que no tiene el fondo plano, debía sujetarse con pinzas o colocarse en un recipiente

---

<sup>388</sup> La palabra proviene del término latino *tubus*, tubo.

llamado gradilla. Si bien el tubo de ensayo fue un utensilio imprescindible en cualquier laboratorio, en la actualidad, debido a la adopción de las modernas técnicas instrumentales de análisis, su uso ha quedado relegado a la realización de pruebas rápidas de solubilidad o de miscibilidad o a chequeos previos al análisis instrumental.



**Figura 578. Tubo de ensayo para aplicaciones especiales [MFH sn].**





## **27. INSTRUMENTOS PARA MANIPULACIONES PREVIAS MISCELÁNEAS**

Aparato para ocluir tubos de pomadas [MFH 3392] (figura 579). Foto número: 145. Son sus medidas: 31,0 cm de altura, 30,5 cm de ancho y 9,7 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno, aunque está oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento procede de la Cátedra de Farmacia Galénica.



**Figura 579. Aparato para ocluir tubos de pomadas [MFH 3392].**

Aparato para hacer sellos en seco [MFH 1215] (figura 580). Foto número: 360. Posee un punzón, cuyo accionamiento es manual. Este aparato fue fabricado por la casa *Freire*. Son sus medidas: 28,5 cm de altura, 19,7 cm de ancho y 8,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, asa de madera. Su estado de conservación denota mucho uso y el instrumento se halla oxidado, aunque aún se puede accionar. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Observaciones: donación del Dr. Gutiérrez Colomer.



**Figura 580. Aparato para hacer sellos en seco [MFH 1215].**

Taladratapones de Hegershoff [MFH 2972] (figura 582). Foto número: 014. Son sus medidas: 30,0 cm de altura, 16,8 cm de ancho y 16,8 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno,

todavía gira, pero requiere limpieza y engrase. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11. Este instrumento procede de la propia Facultad de Farmacia.

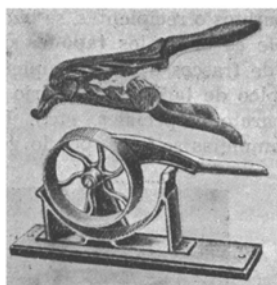


**Figura 581. Taladratapones de Hegershoff.**



**Figura 582. Taladratapones de Hegershoff [MFH 2972].**

Prensacorchos (ablandacorchos) [MFH 2989] (figura 584). Foto número: 147bis. Son sus medidas: 23,0 cm de altura, 26,0 cm de ancho y 4,5 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son de metal, y se ve que ha sido repintado varias veces. Su estado de conservación es bueno, pues gira bien. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento fue donado al Museo por la Farmacia Fuentes (Palencia).

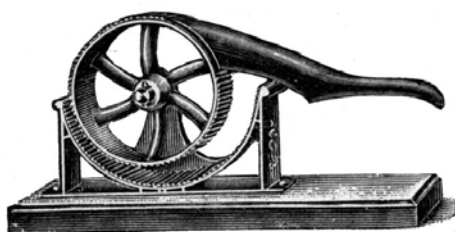


**Figura 583. Prensacorchos (ablandacorchos).**



**Figura 584. Prensacorchos (ablandacorchos) [MFH 2989].**

Prensatapones de rueda (ablandatapones) [MFH 3409] (figura 586). Foto número: 147b. Son sus medidas: 25,0 cm de altura, 30,7 cm de ancho y 7,9 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: hierro fundido. Su estado de conservación es perfecto, gira bien. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento procede de los antiguos laboratorios de la Facultad de Farmacia.



**Figura 585. Prensatapones de tipo rueda.**



**Figura 586. Prensatapones de rueda (ablandatapones) [MFH 3409].**

Prensatapones con forma de lagarto [MFH 3410] (figura 588). Foto número: 146. Son sus medidas: 11,5 cm de altura, 27,5 cm de ancho y 10,8 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es parcialmente oxidado, necesita limpieza y está repintado. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento procede del Hospital Clínico Universitario de San Carlos de Madrid.



**Figura 587. Prensatapones.**



**Figura 588. Prensatapones [MFH 3410].**

Prensacorchos [MFH 4268] (figura 589). Foto número: 113. Son sus medidas: 21,4 cm de altura, 23,0 cm de ancho y 13,3 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es regular pues uno de sus goznes está roto y su superficie, oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10, en la vitrina. Este instrumento fue donado al Museo por la Farmacia Alcañices.



**Figura 589. Prensacorchos [MFH 4268].**

Rielera para barritas de  $\text{NO}_3\text{Ag}$  [MFH 3424] (figura 590). Foto número: 134. Son sus medidas: 25,0 cm de altura, 9,6 cm de ancho y 20,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, asa de cerámica. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidado y es imposible cerrarlo o accionarlo. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de

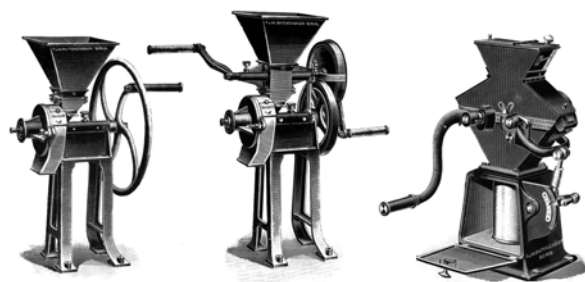


Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento fue donado al Museo por la cátedra de Farmacia Galénica.



**Figura 590. Rielera para barritas de  $\text{NO}_3\text{Ag}$  [MFH 3424].**

Molino [MFH 2621] (figura 592). Foto número: 109. Este aparato fue fabricado por la casa *Peugeot Frères Drevetes S.G.D.G.* Exhibe el número de serie modelo Stella. Son sus medidas: 34,2 cm de altura, 31,7 cm de ancho y 28,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, pomo rueda de madera. Su estado de conservación es regular y la pieza está muy oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



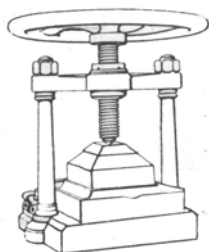
**Figura 591. Molinos.**



**Figura 592. Molino [MFH 2621].**

Prensa [MFH 1548] (figura 594). Foto número: 416. Son sus medidas: 36,0 cm de altura, 20,5 cm de ancho y 13,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación hace ver que se encuentra muy

oxidado aunque aún gira, y requiere limpieza y pintura. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.



**Figura 593. Prensa.**



**Figura 594. Prensa [MFH 1548].**

Prensa [MFH 3919] (figura 595). Foto número: 404. Son sus medidas: 88,0 cm de altura, 28,6 cm de ancho y 28,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: . Su estado de conservación es bueno, oxidado, gira. Unido indeleblemente a la banqueta inferior mediante cuatro gruesos tornillos, que están oxidados. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento perteneció a la cátedra de Química Orgánica.



**Figura 595. Prensa [MFH 3919].**



## **28. INSTRUMENTOS DE FARMACIA OPERATORIA: LÍQUIDOS**

Comienzan aquí varios capítulos donde se agrupan instrumentos utilizados en Farmacia y Medicina, en general, con utilidad Sanitaria. Como noticia más lejana en el tiempo y más próxima en cuanto al entorno, deberíamos remontarnos al Fuero Juzgo, impuesto en la Península Ibérica por los visigodos a principios del siglo V, donde se amalgamaron las leyes godas que regían para el pueblo hispanorromano. Escrito inicialmente en latín y traducido a la lengua romance o español popular en el siglo XIII por el Rey Fernando III “El Santo” (1201-1252), contenía las disposiciones alusivas a la medicina y no diferenciaba médicos y cirujanos, llamándolos físicos. Es en la ley 1ª, título 16, libro IV del Fuero Real, dado en 1255 por el Rey Alfonso X “El Sabio” (1252-1284) donde se nota la diferencia, llamando físicos a los médicos y maestros de llagas a los cirujanos, lo que habría de subsistir hasta fines del siglo XVIII, por lo que los médicos podían tratar sólo las enfermedades internas y los cirujanos las externas.

Los Reyes Católicos y sus sucesores, Carlos V y Felipe II en las leyes de la Novísima Recopilación tratan separadamente a los médicos y los cirujanos. En España, la profesión médica estaba integrada por tres carreras diferentes: Medicina, Cirugía y Farmacia. Las dos primeras, aunque hermanas, estaban separadas, siendo la medicina la más jerarquizada y muy distintas las condiciones de admisibilidad que se exigían.

En 1563, por ley IV, Libro VIII, título X dada en Madrid por Felipe II, para ser médico se requería haber cursado el Bachillerato en Artes, estudio superior que implicaba hablar latín y comprendía 4 cursos en igual número de años. Luego se debía asistir a la universidad durante 4 años para estudiar medicina, cuya enseñanza era totalmente teórica. Después, durante otros 2 años, acompañar en la práctica de la profesión a un médico recibido y finalmente rendir ante el Protomedicato un examen oral y otro práctico. El examen

oral consistía en abrir al azar un libro utilizado como texto, debiendo disertar sobre el tema y contestar las preguntas realizadas por los profesores. Después de aprobado esto, debían revisar a tres o cuatro enfermos en el hospital tomándoles el pulso e interrogándolos respecto de su mal, y pronunciar su diagnóstico, especificando si la enfermedad que padecían era liviana, peligrosa o mortal, terminando por prescribir los medicamentos adecuados.

Para la cirugía no existía la exigencia de ser Bachiller en Artes, ni asistencia a la Universidad, hecho que les merecía el desprecio de los médicos, sino solamente formarse al lado de un cirujano aprobado durante cuatro años y, al igual que los médicos, luego probar su capacitación ante el Tribunal Examinador del Protomedicato, que habilitaba al aspirante a cirujano sólo para intervenir en casos referidos a la patología externa.

Se distinguen los cirujanos latinos que son los que poseían el latín y tenían estudios más profundos, pues estudiaban libros más completos redactados en esa lengua, de los cirujanos romancistas que estudiaban en idioma español, con libros más limitados, en idioma vulgar y por lo tanto, menos preparados. En cuanto a requisitos para los médicos, cirujanos y boticarios, fueron muy diferentes para unos y para otros, y al igual que para los estudios eclesiásticos, militares, magistratura, concesión de títulos nobiliarios u órdenes militares, tuvieron en común la exigencia de probar la llamada limpieza de sangre, mediante la fe de bautismo y un informe de la iglesia, alusivo a la moral y conducta, probando pertenecer a la religión católica, ser cristiano viejo, y no tener en sus ascendientes antecedentes moros, ni cuarterones, ni de herejes, ni penitenciados.

A los boticarios no se les requerían estudios y sólo debían conocer el latín para interpretar y preparar las recetas, formándose como pupilos o dependientes de un boticario recibido, en su botica durante cuatro años, pasados los cuales rendían examen ante el Protomedicato que los autorizaba a ejercer. Posteriormente también realizaron estudios superiores y hubo facultades de Farmacia, pudiendo obtener los títulos de bachiller, licenciado o doctor. Los barberos, llamados antiguamente alfajemes, además de su oficio de cortar la barba y afeitar ejercían, con autorización del Protomedicato, algunos actos de cirugía.

Hacían sangrías, aplicaban sanguijuelas, sacaban muelas y dientes, y ponían ventosas, vejigatorios, clísteres, etc.

Tras el establecimiento de los Reales Colegios de Cirugía en Cádiz, Barcelona y Madrid, exigiéndose también el título de Bachilleres en Artes, la profesión cobró mayor importancia y tuvieron un estatus similar al de los médicos. A su vez, ellos despreciaban a los barberos sangradores y se resistían a que desempeñaran funciones de cirugía. Parece probado en el Renacimiento los médicos eran eruditos que preferían leer libros y discutir ideas antes que ensuciarse las manos con la cirugía, cualquiera fuera su forma. De ahí que las manipulaciones quirúrgicas se dejaran a los subalternos. Los cirujanos se ocupaban de poner ventosas, sanguijuelas, amputar miembros, cortar para extraer cálculos o hernias. Esta forma de pensar dio lugar a hacer la distinción profesional, por lo que los partos eran patrimonio de las comadronas o parteras.

Encontramos entre las voces médicas antiguas los siguientes términos: *zurugianos*, *surujanos* o *curujanos*, los actuales cirujanos; *ensalmadores*, cuyo oficio era componer los huesos dislocados o rotos; *algebristas*: los cirujanos dedicados especialmente a las dislocaciones de huesos; *boticarios*: los antecesores de los farmacéuticos; *especieros*: que preparaban y expendían medicinas sin ser boticarios especializados; *herbolarios* o *arbolarios*: los que se dedicaban a buscar y recoger hierbas y plantas medicinales para venderlas a quienes tuviesen tiendas para ello; *drogueros*: los que trataban en drogas, con tienda abierta o sin ella; *clistereros*: los que aplicaban enemas, lavativas, o “ayuda”; *hernistas*: los que contenían o reducían hernias; *sacamuelas*: los barberos sangradores; *flebotomianos*: los que hacían sangrar abriendo una vena, y, por último, *ventoseros*: los que ponían ventosas.



Dispensador gota a gota [MFH 3423] (figura 596). Foto número: 140. Su utilidad aplicativa general y farmacéutica en particular, fue para realizar dispensaciones uretrales y vaginales. Son sus medidas: 13,2 cm de altura, 4,0 cm de ancho y 2,9 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio, tapón e hisopo de baquelita. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento fue donado al Museo por el Dr. Folch.



**Figura 596. Dispensador gota a gota [MFH 3423].**

Hay en la colección tres sifones de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica<sup>389</sup>. Desde los tiempos prehistóricos, se bebía agua natural carbonatada, con burbujas de dióxido de carbono, pero fue el químico inglés Joseph Priestley quien experimentó con gases en líquidos en 1767, produciendo por primera vez agua carbonatada artificial. En 1770, el químico sueco Torbern Bergman<sup>390</sup> había inventado un dispositivo semi-industrial

<sup>389</sup> MÉTRAL, P.: *Précis de physique pour le brevet élémentaire*, 2ª ed. Paris: Massan et Cie, 1930. (Op. Cit.) p. 184.

<sup>390</sup> Torbern Bergman (figura 597) nació en Katrineberg (Suecia) en 1735 y estudió en la Universidad de Uppsala, primero derecho y teología y después ciencias naturales y matemáticas. Físico y químico, se le recuerda por la preparación de aguas minerales artificialmente, por haber descubierto el gas hidrógeno sulfurado en yacimientos minerales naturales y, sobre todo, por la publicación de una clasificación de los minerales basada en su carácter químico y formas de cristalización. Bergman introdujo numerosas mejoras en el análisis químico, aunque se le conoce más bien como el autor de importantes avances en la teoría de la estructura de los cristales. Bergman fue un científico prolífico, que trabajó en Física, Matemáticas, Geografía y Química. Tras doctorarse en 1758, fue profesor de matemáticas en Uppsala en 1761 y luego profesor de química y farmacia en 1767. Bergman murió el 8 de Julio de 1784 en Medevi (Suecia). Bergman realizó numerosos análisis cuantitativos, sobre todo de minerales, y extendió la clasificación química de los minerales existente, debida a Axel Cronstedt. Se mantuvo fiel creyente en la teoría del flogisto, aunque también de la doctrina de la composición constante, pero sus análisis fueron ignorados, a diferencia de los de su compatriota Jöns Berzelius. La obra más conocida e influyente de Bergman fue probablemente "*Disquisitio de Attractionibus Electivis*", obra de 1785, una disertación sobre las atracciones efectivas. Bergman compiló extensas tablas de afinidades químicas de ácidos y bases. Trabajó después conjuntamente con Karl Scheele. Torbern Olof Bergman estableció la constitución de los carbonatos, distinguió la cal de la barita, introdujo el concepto de afinidad eléctrica, identificó el manganeso, aisló el tungsteno y obtuvo el ácido oxálico por oxidación del azúcar. Bergman desarrolló una teoría reticular de los cristales y es autor de una clasificación de los minerales. En suma, donde Bergman es más conocido es en los campos de la mineralogía y de la química analítica. Fue un primer "neptunista" y desarrolló una clasificación de los minerales similar al famoso esquema de Werner. Poco se conoce de su infancia ni de su familia; estudió en la Universidad de Uppsala con Linneo y se doctoró en 1758. En 1767 fue Profesor de Química en Uppsala, donde tuvo renombre como docente. Bergman se considera frecuentemente "fundador del análisis cuantitativo". La principal investigación de Bergman se centró en la química de los metales, sobre todo níquel y bismuto. También desarrolló una clasificación de los minerales basada en sus características químicas. Su obra más importante en Geología fue "Descripción Física de la Tierra" (*Physisk beskrifning ofvert jordklotet*), publicada en lengua sueca en 1766, obra que fue traducida a varios idiomas (pero no al inglés), que tuvo gran influencia en su tiempo. Investigando la edad de los estratos minarles, Bergman identificó cuatro clases principales: *uråldrige* (primaria), *flolägrige* (lechos), *hopvräkt* (húmeda) y *vulkaner* (volcánica). Esta obra fue un paso decisivo en el establecimiento de la Geología como disciplina científica durante el siglo XVIII. Bergman es sobre todo conocido como químico analítico, mineralogista y astrónomo. Desarrolló la famosa clasificación de los minerales de Werner. Menos conocido que el propio Bergman, aún sigue siendo su infancia, familia y vida familiar. Estudió en la Universidad de Uppsala, donde fue alumno de Linneo, el creador del sistema moderno actual de clasificación biológica. Bergman obtuvo el doctorado en 1758. Enseñó como adjunto física y matemáticas en la Universidad de Uppsala unos pocos años y en 1767 alcanzó el grado vitalicio de profesor de química. Fue conocido como un gran docente y se le recuerda como "padre del análisis cuantitativo". Sus mayores obras fueron dentro de la química de los metales, especialmente níquel y bismuto. Desarrolló una clasificación de los minerales basándose en sus características químicas, con subdivisiones, basadas éstas en sus formas externas, clasificación relativamente similar a la clasificación moderna de los minerales. Sus trabajos en Geología son mucho menos conocidos, pero tuvieron considerable influencia. El más importante es "Descripción física de la Tierra" (*Physick Beskrifning Ofver Jordklotet*), en 1766, escrito y publicado en sueco y luego traducido al danés, alemán y ruso, pero no al inglés. En el libro,

para obtener agua carbonatada, a partir de pizarra y ácido sulfúrico, pero debemos considerar a Joseph Priestley como el primero en indicar el uso del agua carbonatada.



**Figura 597. Torbern Bergman (1735-1784).**



**Figura 598. Joseph Priestley (1733-1804), caricatura de la época.**

Joseph Priestley<sup>391</sup> fue un verdadero intelectual de su tiempo (figura 598). Era Priestley un hombre extraordinario, adjetivo que muchas veces oí en mis tiempos de estudiante

---

Bergman hacía referencia a la situación coetánea de la Geología, particularmente la estratigrafía; se presentaban pocas nuevas observaciones o teorías, pero el libro representa fue clave para que la Geología fuese considerada disciplina científica. Bergman aseveró (como lo hizo Steno) que todos los minerales se hallaban en principio en un fluido, que toda la tierra había estado cubierta por agua y que los diferentes estratos resultaron de variaciones locales en su composición acuosa. Respecto a la edad y origen de los estratos, Bergman definió cuatro clases de minerales: *uråldrige* (primaria), *flolägrige* (lechos), *hopvräkta* (húmeda) y *vulkaner* (volcánica). Bergman reconoció la importancia de la estratigrafía y la correlación de los minerales. Revisó la estratigrafía sueca y la alemana. Bergman reconoció el origen orgánico y la importancia de los fósiles.

<sup>391</sup> Joseph Priestley nació en Fieldhead, cerca de Leeds, Yorkshire, el 13 de marzo de 1733. Como el calendario gregoriano solo se aplicó a partir de 1751, luego Priestley celebraba sus cumpleaños el 24 de marzo. Mayor de seis hijos (cuatro niños y dos niñas) del sastre Jonas Priestley y Mary Swift, hija de un granjero. Mary tuvo niños muy rápidamente, por lo que envió enseguida a su primogénito Joseph a vivir lejos, con la abuela maternal de éste. Cuando Mary murió prematuramente, Joseph se fue a vivir con su tía Sarah, casada con John Keighly. Ingresó en un seminario, donde Priestley asistía a veladas donde se establecían discusiones sobre teología y política. Priestley vivió en casa de su tía hasta la muerte de esta, en 1764. En su infancia, Joseph

fue a escuelas locales, donde aprendió griego y latín, y durante sus vacaciones, hebreo. Enfermó de tuberculosis y tuvo que abandonar la escuela; empero, aprendió por sí solo francés, italiano y alemán, los cuales hablaba con fluidez, así como caldeo, sirio y árabe. Autodidacta, también aprendió solo rudimentos de geometría, álgebra y matemáticas. Pronto profesó el sacerdocio, en aquel tiempo controvertido sobre calvinistas y ortodoxos. Priestley decidió ingresar en la Academia Daventry. En aquel momento, las Academias Dissenting eran el centro de la educación liberal, pues las universidades estaban cerradas a los defensores de las doctrinas no conformistas. La Academia de Daventry ofreció a Joseph la oportunidad de aprender filosofía experimental. Priestley se interesó por los fenómenos naturales y la experimentación. Pero su inclinación natural le reorientó hacia la teología. Tras ese periodo, Priestley aceptó su primera actividad religiosa en una pobre congregación de Needham Market en Suffolk, donde permaneció durante tres años, pero no tuvo mucho ascendente como sacerdote. Fue invitado a predicar en Nantwich, en Cheshire, en una congregación que aceptaba mejor su teología no ortodoxa y Priestley se pudo manifestar más como él era y más feliz. Sus cometidos también incluían la docencia y ser tutor privado y pudo comprar algunos instrumentos, que precisaba para sus investigaciones. Su éxito como profesor en Nantwich hizo que le llamasen como tutor de urbanidad y de lenguas clásicas en la nueva *Dissenting Academy* en Warrington, donde permaneció seis felices años. En 1762 Priestley se casó con Mary Wilkinson, hija de John Wilkinson, una de las principales figuras de la emergente Revolución Industrial en Inglaterra. Un mes antes de su matrimonio, se ordenó sacerdote. Sus escritos sobre Historia y Urbanidad fueron su trabajo más importante en la época que pasó en Warrington, destinados a sus alumnos, donde intentaba introducirles en el realismo más exacerbado, intentando familiarizarlos con las teorías políticas, leyes, gramática, oratoria y criticismo, al tiempo que con los grandes literatos, como Shakespeare, Milton y otros poetas de su tiempo. Durante el mes que pasaba cada año en Londres, mantenía reuniones con personas conocidas por sus ideas políticas liberales, como Richard Price, cuyo panfleto *Civil Liberty* tuvo gran influencia en la Declaración de Independencia de las Colonias Americanas y sobre Benjamin Franklin, cuya amistad fue fundamental sobre el pensamiento científico de Priestley. Este fue introducido en la sociedad científica y animado a escribir la obra “Historia y estado actual de la Electricidad” (*The History and Present State of Electricity*), donde incluía experimentos e ilustraciones, libro que le condujo a ser elegido miembro de la Real Sociedad en 1766; Priestley pensó en una edición más popular, para lectores menos elevados, lo cual precisaba más figuras y grabados, pero fue incapaz de encontrar algún dibujante que los realizase. Por tanto, y acorde con su carácter autodidacta, Priestley decidió aprender dibujo, las reglas de la perspectiva y, como no halló libro satisfactorio para su aprendizaje, él mismo publicó uno. En el transcurso de esa obra aprendió el uso de la goma procedente de la India como borrador de lápiz; el prefacio del libro contiene la primera referencia impresa de los borradores de goma. Poco después, sus obligaciones familiares le impelieron a aceptar ser predicador en la congregación de Mill Hill, cerca de su lugar de nacimiento; en 1767, trasladó allí a su familia. Joseph Priestley es muy conocido como descubridor del oxígeno. En realidad, una descripción más adecuada de su hallazgo, en sus propias palabras, fue el aislamiento del “aire sin flogisto”. Nuestro conocimiento de la reactividad química del oxígeno parte de la teoría sistemática de la combustión de Antoine Lavoisier. Priestley fue más trabajador y experimentador que un investigador teórico que planifica un rígido programa. En el aspecto teórico, Teorizando, más que en química, Priestley alcanzó gran reputación en teología. Su perseverancia en la teoría del flogisto fue persistente. La obra de Priestley sobre la electricidad fue eclipsada por sus memorables experimentos con el aire, que comenzó en 1767 y concluyó en 1774. La proximidad de su casa a una cervecería fue clave de muchos experimentos con “aire fijado” (dióxido de carbono). Allí, el acceso a una abundante fuente de “aire fijado” le permitió comprender la naturaleza de la propiedad efervescente de las aguas minerales, como las de Spa, en Bélgica. Su primera publicación científica fue sobre la saturación del agua con “aire fijado”, hallazgo que le permitió el galardón de la prestigiosa Medalla Copley de la Real Sociedad. Las bebidas carbonatadas actuales surgieron de esos primeros experimentos de Priestley. Los experimentos con aire en el siglo XVIII enraizaban con la filosofía natural. En la época de Priestley, el aire se sometía a ensayos muy simples de aspecto, olor y solubilidad. Cualquier diferencia entre gases podría ser real o causada por contaminación, dependiendo de la pureza de las muestras. Algunos gases actuales fueron entonces llamados y conocidos como distintos tipos de aire: aire nitroso (NO), aire-flogisto ( $N_2O$ ), aire ácido (HCl) o aire fijo reducido (CO). La “bondad” del aire, como medida de su respirabilidad, atrajo a Priestley. En 1771 apuntó la “restauración” del aire mediante plantas verdes. Joseph Priestley simplificó las técnicas experimentales de preparación y colección de gases. Su dispositivo neumático de 1772 fue un

aparato admirable. Los gases solubles en agua, antes muy difíciles de coleccionar, fueron coleccionados muy bien sobre mercurio. En Wiltshire, el 1 de agosto de 1774, Priestley, mediante una lente, enfocó los rayos de sol sobre una muestra de óxido mercurio (cal roja) y el gas resultante lo llevó a una lámpara, produciendo una vigorosa llama. En 1774, un siglo después de esta gran aportación a la química, Joseph Priestley fue distinguido con una reunión de científicos, base de la fundación de la American Chemical Society en 1876. Residiendo en Leeds, Priestley quiso acompañar al Capitán Cook como naturalista, en su segundo viaje, pero renunció por sus opiniones religiosas. Sin embargo, aceptó marchar con William Petty, Obispo de Shelburne, como bibliotecario y tutor de sus hijos. Priestley publicó entonces sus dos principales obras filosóficas, “Disquisiciones relacionando materia y espíritu” (*Disquisitions Relating to Matter and Spirit*), una visión materialista del hombre y “Experimentos y observaciones” (*Experiments and Observations*), donde hacía referencia a sus principales descubrimientos químicos. El periodo entre 1773 y 1780 fue el más fructífero de Priestley como químico. Priestley acompañó a Lord Shelburne en un viaje por Europa. En París, se reunió con otros miembros del mundo científico. Habló con Lavoisier de su reciente aislamiento del gas a partir del óxido mercurio, pasando de puntillas sobre la importancia de tal descubrimiento, pero fue la clave para que Lavoisier desarrollase la idea y esquema conceptual del papel del oxígeno en las llamas, condenando al ostracismo a la teoría del flogisto y revolucionando toda la ciencia de la Química. Priestley aseguró su posición económica para el resto de sus días con Lord Shelburne. Deseando volver a ser predicador activo, se estableció en Fairhill, en los alrededores de Birmingham, con su familia, ya con tres hijos y una hija. Entre sus benefactores hay que citar a su cuñado John Wilkinson, quien les dio una casa, y a Josiah Wedgwood, maestro cerámico, quien le proporcionó aquello que precisaba en sus experimentos. También de Birmingham eran Matthew Boulton y James Watt, quienes juntos crearían el motor de vapor, Erasmus Darwin, abuelo de Charles Darwin, responsable de la teoría de la evolución y William Small, uno de los tutores de Thomas Jefferson. Cuando Priestley llegó a Birmingham en el otoño de 1780, se adhirió a la Sociedad Lunar, cuyas reuniones se mantenían en casa de James Keir. La Sociedad Lunar fue un grupo informal de una docena de hombres, que la gente llamaba “Lunáticos”, pero interesados en las ciencias naturales y la literatura. Benjamin Franklin asistió allí con frecuencia. La sociedad se reunía mensualmente, los lunes más cercanos a la noche de luna llena. Entre sus hallazgos de esta época en Birmingham, se encuentran la publicación de la primera parte de “Cartas a un no creyente filosófico” (*Letters to a Philosophical Unbeliever*), defensa de la religión natural contra el escepticismo de David Hume; “Historia de las corrupciones de la Cristiandad” (*History of the Corruptions of Christianity*), ataque directo a la religión ortodoxa, particularmente a la doctrina de la Trinidad; y “Historia de las opiniones iniciales respecto a Jesucristo” (*History of the Early Opinions Concerning Jesus Christ*), donde exponía que la doctrina de la Trinidad no estaba acorde con las Santas Escrituras. Esas obras provocaron bastante controversia y se atacó a Priestley en panfletos y periódicos, en pulpitos y se le tachó de agente del demonio ... y todo eso en plena Revolución Francesa. Las masas quemaron y saquearon el lugar donde Priestley predicaba (*Old Meetinghouse*). Priestley escapó de las turbas, pero estas destruyeron su casa, su laboratorio y especialmente su biblioteca, que contenía preciosos manuscritos de obras que nunca se habían publicado y que posiblemente nunca se publicarán. Priestley pasó un tiempo en Londres y ya nunca volvió a Birmingham. Luego marchó a Tottenham y más tarde a Hackney. En los meses siguientes, fue atacado verbalmente en la Cámara de los Comunes, quemada su efigie, caricaturizados, denunciado en los pulpitos y injuriado con cartas. Empero, Priestley fue nombrado ciudadano honorario de Francia, la cual estaba en Guerra con Inglaterra. Fue obligado a dimitir de sus cargos en la Real Sociedad cuando varios de sus “colegas” arremetieron contra él. En ese ambiente hostil, sus hijos fueron incapaces de encontrar trabajo y tuvieron que emigrar a América. Priestley y su mujer decidieron hacer lo mismo y juntar la familia; partieron en el barco Samson el 7 de abril de 1794, dos semanas antes del 61 cumpleaños de Priestley. Mientras Priestley navegaba hacia América, Lavoisier fue guillotinado en la Plaza de la Revolución. Los Priestley arribaron a Nueva York y enseguida marcharon a la capital, Filadelfia. Rehusó un puesto docente de química en la Universidad de Pennsylvania, por asociarse con su hijo Joseph y un amigo, Thomas Cooper. Los tres establecieron una colonia para emigrados ingleses en la parte central de Pennsylvania, de donde marcharon al norte, a la pequeña ciudad de Northumberland, en los bancos de arena del río Susquehanna. Ese año murió su hijo menor Harry y también su mujer. Priestley siguió activo, escribiendo, predicando y experimentando en su nuevo laboratorio, pero ya sin la pasión de antaño. Joseph Priestley perdió su círculo de amigos y decidió pasar los duros meses del invierno en Filadelfia. En la primera iglesia Unitaria de América, a sus sermones asistía el vicepresidente John Adams y

de la Facultad de Farmacia de Madrid, en las clases de Historia de la Farmacia, impartidas por el Prof. Dr. Guillermo Folch, pero al que difícilmente alguien hará más justicia que Joseph Priestley<sup>392, 393</sup>. Aunque recordado por sus experimentos con gases, especialmente el que ahora denominamos “oxígeno”, Priestley fue inmensamente fecundo como escritor en otros aspectos tan distantes de la química como la pedagogía, ética, teología, metafísica, economía política, historia y ciencias naturales.

Sifón de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica [MFH 3034] (figura 599). Foto número: 144bis. Este aparato responde al tipo *Systeme de D. Feure*. Son sus medidas: 37,5 cm de altura, 12,0 cm de ancho y 12,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: cristal, rejilla exterior metálica y accionador superior metálico. Su estado de conservación es bueno, con la rejilla algo oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10. Este instrumento fue donado al Museo por la Farmacia Fuentes (Palencia).

---

otras personas notorias. Cuando Adams alcanzó la presidencia, Priestley pasó a la oposición junto a Jefferson, quien era gran admirador de Priestley y le consultó sus planes de fundar la Universidad de Virginia. Fue en Filadelfia, durante el mandato de Jefferson, en 1801, cuando Priestley sufrió su primera enfermedad grave, consecuencia de la cual moriría. En sus últimos días en Filadelfia, Priestley fue galardonado por la Sociedad Filosófica Americana en una cena testimonial, al final de la cual bendijo a sus colegas científicos. Aunque no se recobró del todo, continuó trabajando en su último manuscrito, a pesar de que no podía permanecer mucho tiempo levantado y ni siquiera afeitarse solo. El 5 de febrero de 1804, todos sus hijos se congregaron alrededor de su cama. La mañana siguiente, pidió a su hijo y a Cooper que le trajeran los panfletos en los que había estado trabajando y les dictó algunas correcciones. Esto lo repitió hasta que estuvo seguro que todas las correcciones se habían hecho y dijo “Está bien; ahora está hecho” (“*That is right; I have now done*”). Media hora después Priestley moría; había puesto una mano en su propia cara para evitar que su hijo observase su quieta despedida de este mundo. Era el 6 de febrero de 1804.

<sup>392</sup> TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998 (Op. Cit), p. 27-28.

<sup>393</sup> DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989 (Op. Cit.) p. 144, 171.



**Figura 599. Sifón de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica [MFH 3034].**

Sifón de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica [MFH 3036] (figura 600). Foto número: 144. Este aparato fue fabricado por la casa *D. Feube*, en la ciudad de París, Francia, y responde al modelo *Veritable Seltzogene*. Son sus medidas: 37,5 cm de altura, 12,0 cm de ancho y 12,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: cristal, rejilla exterior metálica, accionador superior metálico. Su estado de conservación es bueno, con la rejilla algo oxidada. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento fue un regalo al Museo de la Farmacia de Herminio Hernández (El Tiemblo, Ávila).



**Figura 600. Sifón de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica [MFH 3036].**

Sifón de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica [MFH sn] (figura 601). Foto número: 003. Son sus medidas: 33,5 cm de altura, 12,5 cm de ancho y 10,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: cristal, metal. Su estado de conservación es bueno, con el accionador roto y despegado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.





**Figura 601. Sifón de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica [MFH sn].**

## 29. INSTRUMENTOS DE FARMACIA OPERATORIA: GASES

Aparato de inhalaciones de Dampf [MFH 7561] (figura 602). Foto número: 111. Este aparato fue fabricado por la casa *Lempe*. Son sus medidas: 22,1 cm de altura, 24,1 cm de ancho y 9,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, cristal, madera. Su estado de conservación necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10, en la vitrina.



**Figura 602. Aparato de inhalaciones de Dampf [MFH 7561].**

Recipiente para purificar gases [MFH sn] (figura 603). Foto número: 114. Este aparato fue fabricado por la casa *Del Amo (Pyrex)*. Son sus medidas: 20,8 cm de altura, 13,5 cm de ancho y 6,9 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio *Pyrex*, metal. Su estado de conservación necesita limpieza, reemplazar gomas, hay un tubo caído. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10, en la vitrina.



**Figura 603. Recipiente para purificar gases [MFH sn].**

Frascos para gases [MFH sn] (figura 604). Foto número: 167. Datos del frasco derecho: medidas, 18,5 cm de altura, 3,9 cm de ancho y 3,9 cm de fondo; materiales de construcción de vidrio y estado de conservación muy bueno. En cuanto al frasco izquierdo, son sus medidas: 18,0 cm de altura, 5,9 cm de ancho y 5,9 cm de fondo, sus materiales de cons-

trucción de vidrio y su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraban en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 604. Frascos para gases [MFH sn].**

Tubo de difusión de gases en líquidos [MFH sn] (figura 605). Foto número: 195. Son sus medidas: 9,9 cm de altura, 6,9 cm de ancho y 0,8 cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



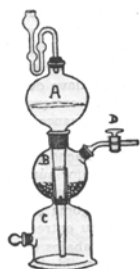
**Figura 605. Tubo de difusión de gases en líquidos [MFH sn].**

Hay en la colección tres aparatos de Kipp o “aparatos para gases completos Kipp”, tomando el nombre de su creador (figura 606)<sup>394</sup>. Este vaso especial de vidrio, se utiliza para la preparación de ciertos gases a partir de reacciones químicas provocadas. El aparato de Kipp consta de dos piezas de cristal, la superior en forma de pera, de largo cuello, que entra a esmeril en la pieza inferior. En total, el aparato de Kipp se compone de dos cavidades esféricas unidas por una garganta, de las cuales, la superior tiene una tubuladura que se cierra

---

<sup>394</sup> El creador de este peculiar aparato, el cual generalmente presenta capacidad de 250 ml y 500 ml, fue Petrus Jacobus Kipp (1808 - 1864), un químico flamenco nacido en Utrecht, Holanda, que comenzó sus trabajos en su propio taller-laboratorio de Delft, en 1830, donde inventó, produciéndolo por encargo, bajo pedido, el que hoy conocemos como “aparato de Kipp”. Posteriormente, continuó investigando la producción automática de gases, como “gas carbónico” (CO<sub>2</sub>), hidrógeno y otros derivados gaseosos. También inventó un método de fijar carbono.

con un tapón y un tubo con llave o pinza para regular el desprendimiento de los gases, mientras que la inferior suele tener también otro tubo al pie para la limpieza del aparato.



**Figura 606. Aparato de Kipp.**

Aparato de Kipp [MFH 3880] (figura 607). Foto número: 417. Son sus medidas: 44,4 cm de altura, 15,5 cm de ancho y 12,5 cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. Respecto a su estado de conservación, requiere limpieza, desjuntar junta superior y le faltan las llaves de cierre. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.



**Figura 607. Aparato de Kipp [MFH 3880].**

Aparato de Kipp [MFH 3881] (figura 608). Foto número: 418. Son sus medidas: 49,0 cm de altura, 18,0 cm de ancho y 14,0 cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. Respecto a su estado de conservación, requiere limpieza y le faltan las llaves de cierre. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.



**Figura 608. Aparato de Kipp [MFH 3881].**

Aparato de Kipp [MFH sn] (figura 609). Foto número: 419. Son sus medidas: 42,5 cm de altura, 21,5 cm de ancho y 15,0 cm de fondo. Materiales de construcción de vidrio. Respecto a su estado de conservación, requiere limpieza y faltan sus grifos o llaves de cierre. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.





**Figura 609. Aparato de Kipp [MFH sn].**

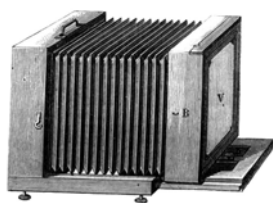
## 30. INSTRUMENTAL FOTOGRÁFICO

Cámara fotográfica para radiografías [MFH 3531] (figura 610). Foto número: 091. Este aparato fue fabricado por la casa *Photos* y fue distribuido por *M. Quintas y Cía*, en la ciudad de Madrid, España, calle de la Cruz, números 43 y 45. Son sus medidas: 9,0 cm de altura, 31,0 cm de ancho y 23,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, arandelas metálicas, visor de cristal. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 610. Cámara fotográfica para radiografías [MFH 3531].**

Cámara fotográfica para radiografías [MFH 3795] (figura 612). Foto número: 095. Este aparato fue fabricado por la casa *Villasanta Óptico*, en la ciudad de Madrid, España. Exhibe el número de serie 6\_879. Son sus medidas: 27,0 cm de altura, 49,8 cm de ancho y 27,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, fuelle de cartón, algunos componentes metálicos. Su estado de conservación es bueno, aunque privado de movimiento. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 611 Cámara fotográfica para radiografías.**



**Figura 612. Cámara fotográfica para radiografías [MFH 3795].**

Cámara fotográfica [MFH sn] (figura 613). Foto número: 094. Este aparato fue fabricado por la casa *Villasanta Óptico*, en la ciudad de Madrid, España. Son sus medidas: 11,5 cm de altura, 26,0 cm de ancho y 21,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, arandelas metálicas, visor de cristal. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 613. Cámara fotográfica [MFH sn].**

Cámara fotográfica [MFH sn] (figura 614). Foto número: 186. Este aparato fue fabricado por la casa *Carl Zeiss*, en la ciudad de Jena, Alemania. Exhibe el número de serie 3310. Son sus medidas: 11,0 cm de altura, 10,2 cm de ancho y 6,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera. En el momento de la

foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 614. Cámara fotográfica [MFH sn].**

Apertómetro manual con ocular en estuche para fotografía [MFH 3573] (figura 615). Foto número: 371. De sus tres piezas o componentes, este es el tubo para realizar las observaciones, ocular y objetivo. Este aparato, modelo *Apertometer nacht Abbe*, fue fabricado por la casa *Carl Zeiss*, en la ciudad de Jena, Alemania. Consta de tres piezas, la primera de las cuales mide 4,5 cm de altura, 2,1 cm de ancho y 2,1 cm de fondo y está construido en metal. El segundo de sus tres componentes, también metálico, responde a dos piezas gemelas espaciadoras, que miden 1,5 cm de altura, 1,1 cm de ancho y 1,0 cm de fondo. Por último, el tercer componente responde a la pieza de cristal observada en la foto, cuyas medidas son: 4,4 cm de altura, 8,7 cm de ancho y 1,1 cm de fondo y los materiales con los que se halla

construido son: vidrio o cuarzo, con tornillo en medio. El estado de conservación de todos ellos es excelente y en el momento de la foto, se encontraban en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 615. Apertómetro manual con ocular en estuche para fotografía [MFH 3573].**

Fotómetro manual para fotografía [MFH sn] (figura 616). Foto número: 228. Posee escalas de medida, de 1/8 a 1/500; escala *échelle* de 30 a 1/500 segundos. Este aparato (*Ombrux höchstempfindlicher elektrischer belichtungsmesser gebrauchsanleitung*) fue fabricado por la casa *Ombrux f. Leica orig. Gossen* y fue distribuido por *Haun & Sohn G.m.b.H.*, Reichenbach I.V. Son sus medidas: 3,5 cm de altura, 6,6 cm de ancho y 7,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio, metal, cuero funda y papel de la tabla adjunta. Su estado de conservación es muy bueno, pero sin embargo no mide ya la intensidad de luz. En el momento de la foto, se encontraba en la Cá-

tedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 616. Fotómetro manual para fotografía [MFH sn].**

Máquina de revelar fotografías “Kodascope” [MFH 4171] (figura 617). Foto número: 041. Posee escalas de medida, de *small-fast*, 125 V y 1100 W. Este aparato, modelo *Kodaskope K75*, fue fabricado por la casa *Eastman Kodak Co*, en la ciudad de Rochester NY, Estados Unidos. Son sus medidas: 32,6 cm de altura, 15,5 cm de ancho y 23,5 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, con visor de vidrio. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.



**Figura 617. Máquina de revelar fotografías “Kodascope” [MFH 4171].**

Secador de películas espirales de 35 mm [MFH 4175] (figura 618). Foto número: 020. Posee accionamiento del ventilador y del calentador, así como una indicación del voltaje de trabajo, 125 V. Este aparato, “*modelo 22*”, fue fabricado por la casa *Kodak Limited*, en la ciudad de Londres, Inglaterra. Son sus medidas: 24,5 cm de altura, 28,0 cm de ancho y 28,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, carrusel de metacrilato. Su estado de conservación es bueno y está golpeado y abollado en su parte superior; requiere limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.





**Figura 618. Secador de películas espirales de 35 mm [MFH 4175].**

Aparato para visualizar microfilmes [MFH sn] (figura 619). Foto número: 039. Este aparato, del modelo *Topaz tipe C* fue fabricado por la casa *Boyer*, en la ciudad de París, Francia. Posee escalas 1 : 3, 5f = 50. Son sus medidas: 36,5 cm de altura, 33 cm de ancho y 45 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, con el visor de vidrio. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.



**Figura 619. Aparato para visualizar microfilmes [MFH sn].**

Prisma y soporte, para cámara oscura [MFH sn] (figura 620). Foto número: 294. Posee una lente articulada. Son sus medidas: 0,7 cm de altura, 3,9 cm de ancho y 7,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación es bueno y se encuentra muy poco oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 620. Prisma y soporte, para cámara oscura [MFH sn].**

Accesorios de cámara fotográfica ajustables a un verascopio<sup>395</sup>, con caja [MFH 3563] (figura 621). Foto número: 376. Tiene dos objetivos: de 4,7 y 6,2. Este aparato fue fabricado por la casa *Carl Zeiss*, en la ciudad de Jena, Alemania. Exhibe el número de serie 3310. Son sus medidas: 19,8 cm de altura, 16 cm de ancho y 6,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal y vidrio, con placas de mini radiografía. Su estado de conservación es perfecto. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

---

<sup>395</sup> El verascopio o “cámara-verascopio” fue creado por el diseñador y constructor francés Jules Richard y el nombre “verascopio” comienza a utilizarse en 1893, cuando surge el primer aparato foto recargable a la luz del día, el “verascopio” de Jules Richard



**Figura 621. Accesorios de cámara fotográfica ajustables a un verascope [MFH 3563].**



## **31. FARMACIA OPERATORIA: INSTRUMENTOS DE USO PARTICULAR EN FARMACIA**

Placa de pórfido y plancha (moleta) para pomadas oculares [MFH 1078] (figura 622). Foto número: 354. Las medidas de la base son 3,0 cm de altura, 26,2 cm de ancho y 21,4 cm de fondo; los materiales con los que se halla construido son mármol y madera y su estado de conservación denota bastante uso. Las medidas del cepillo son 8,7 cm de altura, 15,6 cm de ancho y 9,5 cm de fondo, estando construido en mármol y su estado es bueno, aunque está bastante usado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento corresponde a una donación, ignorándose de quién.



**Figura 622. Placa de pórfido y plancha para pomadas oculares [MFH 1078].**

Pildorero, peine y magdaleón [MFH 1487] (figura 623). Foto número: 143. Son las medidas de la base: 5,0 cm de altura, 34,7 cm de ancho y 21,7 cm de fondo; los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, mármol, metal y su estado de conservación es bueno, aunque el mármol está rajado y necesita limpieza. En cuanto al peine, son sus medidas: 3,2 cm de altura, 31 cm de ancho y 4,1 cm de fondo; los materiales con los que se halla construido son: madera, metal y su estado de conservación es regular, pues falta un asa del mango, que está roto; la madera presenta zonas comidas y necesita restauración. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 623. Pildorero, peine y magdaleón [MFH 1487].**

Pildorero [MFH 1551] (figura 624). Foto número: 137. Son sus medidas: 4,8 cm de altura, 30,5 cm de ancho y 4,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, latón. Su estado de conservación es bueno y sólo necesita limpieza; además, la lámina latón se encuentra algo doblada. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 624. Pildorero [MFH 1551].**

Pildorero y magdaleón [MFH 3028] (figura 625). Foto número: 370. Posee dos cajones, uno para recoger los magdaleones y otro para las píldoras. Son sus medidas: 4,0 cm de altura, 36,0 cm de ancho y 20,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, metal, vidrio. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de



Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento fue donado al Museo por la Farmacia Fuentes (Palencia).



**Figura 625. Pildorero y magdaleón [MFH 3028].**

Pildorero, peine y magdaleón [MFH 3390] (figura 626). Foto número: 148. Datos de la base de madera. Son sus medidas: 4,8 cm de altura, 36,8 cm de ancho y 24,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, mármol, metal. Datos del peine. Son sus medidas: 3,9 cm de altura, 49,5 cm de ancho y 5,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, metal. Su estado de conservación es bueno y sólo necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento procede de la Cátedra de Farmacia Galénica.



**Figura 626. Pildorero, peine y magdaleón [MFH 3390].**

Pildorero, peine y magdaleón [MFH 3397] (figura 627). Foto número: 359. Datos de la base de madera, que es del siglo XIX. Son sus medidas: 5,1 cm de altura, 21,1 cm de ancho y 36,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, mármol, metal. Su estado de conservación es regular, pues la madera está rajada longitudinalmente. Datos del peine, que es del siglo S. XIX. Son sus medidas: 3,5 cm de altura, 41,9 cm de ancho y 5,8 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, metal. Su estado de conservación denota que fue muy usado y la madera necesita restauración. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento procede de la Cátedra de Farmacia Galénica.



**Figura 627. Pildorero, peine y magdaleón [MFH 3397].**

Planchas para alisar cremas o para rodar magdaleones [MFH 3023] [MFH 3404] [MFH 3405] (figura 628). Foto número: 353. La unidad pequeña, en la derecha de la foto [MFH 3023]: son sus medidas 4,7 cm de altura, 12,2 cm de ancho y 8,8 cm de fondo, está construido en madera y su estado de conservación hacer ver que fue ciertamente usada, pero se encuentra bastante buen estado. La unidad grande, en el centro de la foto [MFH 3404], mide 5,5 cm de altura, 19,6 cm de ancho y 10,8 cm de fondo, está confeccionado en madera y su estado de conservación sugiere que necesita restauración en la madera, que ha sido muy usada. La pieza rectangular, en la izquierda de la foto [MFH 3405], mide 2,8 cm de altura, 10,2 cm de ancho y 7,6 cm de fondo, está construido en madera y su estado de conservación sugiere que necesita restauración de la madera, muy usada; el asa está rajada y tiene holgura. En el momento de la foto, se encontraban en el Museo de la Farmacia Hispana de

la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Las planchas fueron donadas al Museo por la Farmacia Fuentes (Palencia).



**Figura 628. Planchas para alisar cremas o para rodar magdaleones [MFH 3023] [MFH 3404] [MFH 3405].**

Grageadora para dorar o platear píldoras [MFH 106] (figura 629). Foto número: 356. Son sus medidas: 28,3 cm de altura, 21,5 cm de ancho y 12,9 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal de latón. En cuanto a su estado de conservación, está algo oxidada y necesita ajuste del elemento que gira. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. La grageadora fue donada al Museo por la Sra. viuda de Toledano, Farmacia calle Villanueva (Madrid).



**Figura 629. Grageadora para dorar o platear píldoras [MFH 106].**

Copa grageadora [MFH 173] (figura 630). Foto número: 358. Son sus medidas: 11,6 cm de altura, 8,1 cm de ancho y 8,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: latón. Su estado de conservación es bueno, pero el componente interior (copa) está rajado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. La copa grageadora fue donada al Museo por el Dr. Gutiérrez Colomer.



**Figura 630. Copa grageadora [MFH 173].**



## 32. FARMACIA OPERATORIA: VASOS CONSERVATORIOS

Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 141] (figura 631). Foto número: 366. Posee treinta agujeros de 2,0 cm de diámetro. Este aparato fue fabricado por la casa *Sevcik's Oblatenverschlussapparat*. Son sus medidas: 1,5 cm de altura, 27,7 cm de ancho y 13 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: madera, bisagras posteriores (dos) metálicos. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El instrumento fue donado al Museo por el Dr. Gutiérrez Colomer.



**Figura 631. Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 141].**



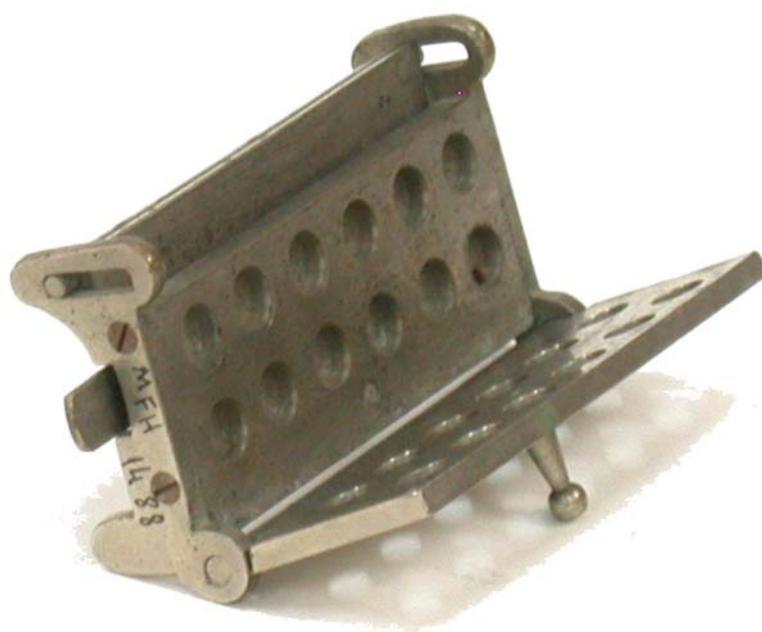
Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 148] (figura 632). Foto número: 368. Posee diez agujeros de 2,6 cm de diámetro. Este aparato fue fabricado por la casa *Sevcik's Oblatenverschlussapparat*. Son sus medidas: 2,2 cm de altura, 20,0 cm de ancho y 8,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal - latón blanco. Su estado de conservación es bueno. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El instrumento fue donado al Museo por el Dr. Gutiérrez Colomer.



**Figura 632. Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 148].**

Dispositivo para preparar cápsulas; concretamente, se trata de un instrumento o aparato para llenar cápsulas amiláceas [MFH 1488] (figura 633). Foto número: 362. Posee doce agujeros de 0,8 cm de diámetro. Son sus medidas: 4,2 cm de altura, 11,6 cm de ancho y

5,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Respecto a su estado de conservación, se halla parcialmente oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El instrumento fue donado al Museo por el Dr. Gutiérrez Colomer.



**Figura 633. Dispositivo para llenar cápsulas amiláceas [MFH 1488].**

Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 2940] (figura 634). Foto número: 365. Posee diez agujeros de 2 cm de diámetro. Son sus medidas: 1,9 cm de altura, 17,0 cm de ancho y 8,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal (aluminio). Su estado de conservación es bueno y sólo necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 634. Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 2940].**

Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 2942] (figura 635). Foto número: 363. Posee cuatro bandejas desmontables más base, que es la quinta. Presenta doce agujeros cuyo diámetro es de 2 cm. Son sus medidas: 3,0 cm de altura, 14,5 cm de ancho y 9,5 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 635. Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 2942].**

Cinco dosificadores de cápsulas [MFH 3003] [MFH 3004] [MFH 3082] [MFH 3399] [MFH 140] (figura 636). Foto número: 128. Datos del primer dosificador [MFH 3003]: fabricado por la casa *Sevcik's Oblatenverschlussapparat*, son sus medidas: 3,5 cm de altura, 19,7 cm de ancho y 9,5 cm de fondo, los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, su estado de conservación es muy bueno y fue donado al Museo por la Farmacia Fuentes (Palencia). Datos del segundo dosificador de cápsulas, que es un molde metálico para llenar y cerrar cápsulas [MFH 3004], el cual mide 4,2 cm de altura, 15,0 cm de ancho y 6,4 cm de fondo, sus materiales son metálicos, su estado de conservación es muy bueno y, al igual que el anterior, fue donados al Museo por la Farmacia Fuentes (Palencia). Datos del tercer dosificador de cápsulas [MFH 3082]: fue fabricado por la casa *Sevcik's Oblatenverschlussapparat*, mide 1,2 cm de altura, 13,6 cm de ancho y 7,8

cm de fondo, está construido en metal, su estado de conservación es muy bueno y fue asimismo donado al Museo por la Farmacia Fuentes (Palencia). Datos de los juegos para cápsulas amiláceas (dos placas sueltas) [MFH 3399]: medidas de 2,0 cm de altura, 19,9 cm de ancho y 13,5 cm de fondo, los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, su estado de conservación es muy bueno y el instrumento procede de la Cátedra de Farmacia Galénica. Datos del dosificador de cápsulas [MFH 140], aparato fabricado por la casa *Sevcik's Oblatenverschlussapparat*, que mide 1,5 cm de altura, 17,1 cm de ancho y 8,3 cm de fondo, está construido con materiales metálicos, su estado de conservación es muy bueno y fue donado al Museo por el Dr. Gutiérrez Colomer. En el momento de la foto, todos ellos se encontraban en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 636. Cinco dosificadores de cápsulas [MFH 3003] [MFH 3004] [MFH 3082] [MFH 3399] [MFH 140].**

Aparato para preparar y llenar cápsulas [MFH 3022] (figura 637). Foto número: 364. Posee doce agujeros de 2,3 cm de diámetro. Este aparato, modelo “*Primus*”, fue fabricado por la casa *Trockenuerschluss Apparat, Johann Schmidt*, en la ciudad de Nuremberg, Alemania. Son sus medidas: 3,0 cm de altura, 21,1 cm de ancho y 9 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: aluminio. Su estado de conservación es bueno y sólo necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento fue donado al Museo por la Farmacia Fuentes (Palencia).



**Figura 637. Aparato para preparar y llenar cápsulas [MFH 3022].**

Dispositivo para preparar pastillas de goma [MFH 3400] (figura 638). Foto número: 369. Posee doce agujeros de 2,0 cm en la derecha, en izquierda doce agujeros de 1,2 cm, intercalados con otros doce de 1,0 cm. Este aparato fue fabricado por la casa *Expeditif Dode-*

*ka - Digne simplifié.* Son sus medidas: 3,7 cm de altura, 20,9 cm de ancho y 11,1 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: pieza central de baquelita, satélites metálicos. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 638. Dispositivo para preparar pastillas de goma [MFH 3400].**

Dispositivo para preparar cápsulas [MFH sn] (figura 639). Foto número: 367. Posee diez agujeros de 2,8 cm de diámetro. Son sus medidas: 0,8 cm de altura, 20,4 cm de ancho y 8,7 cm de fondo. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 639. Dispositivo para preparar cápsulas [MFH sn].**

Pildorero o aparato para preparar píldoras industrialmente, que consta de dos soportes y seis peines sueltos [MFH 3398] (figura 640). Foto número: 136. Son sus medidas: 10,4 cm de altura, 14,4 cm de ancho y 10,8 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Respecto a su estado de conservación, se halla parcialmente oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El instrumento procede de la Cátedra de Farmacia Galénica.





**Figura 640. Pildorero o aparato para preparar píldoras industrialmente [MFH 3398].**

Aparato de Limousin o caja para preparación cápsulas medicamentosas (*Appareil Limousin pour l'emploi des cachetes médicanebtaux brevetés*) [MFH 2948] (figura 641). Foto número: 080. Este aparato fue fabricado por la casa *Médille de Mérité*, en Viena, Austria, en el año 1873 y fue distribuido por *Procede Limousin. Bte. S.D.G. 8*, en la ciudad de París, Francia. Son sus medidas: 24,5 cm de altura, 7,6 cm de ancho y 16,2 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metálicos. Su estado de conservación es poco oxidado, repintado, necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este aparato fue donado al Museo por la Farmacia Fuentes (Palencia).



**Figura 641. Aparato de Limousin o caja para preparación cápsulas medicamentosas [MFH 2948].**

Dos moldes para hacer seis supositorios [MFH 3394] y [MFH 3395] (figura 642). Foto número: 135. El primer molde [MFH 3394], que vemos a la izquierda de la foto, mide 5,1 cm de altura, 13,6 cm de ancho y 5,1 cm de fondo, los materiales con los que se halla construido son metálicos y su estado de conservación es bueno y requiere solo limpieza, aunque está algo oxidado. El segundo molde [MFH 3395], que vemos a la derecha de la foto, mide 4,7 cm de altura, 20,4 cm de ancho y 5,0 cm de fondo, los materiales con los que se halla construido son metálicos y su estado de conservación requiere limpieza y está algo oxidado. En el momento de la foto, se encontraban en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Ambos moldes proceden de la Cátedra de Farmacia Galénica.



**Figura 642. Dos moldes para hacer seis supositorios [MFH 3394].**

Dosificadora (aparato para hacer tabletas o supositorios) [MFH 1030] (figura 643). Foto número: 361. Son sus medidas: 5,1 cm de altura, 20 cm de ancho y 17,7 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal (latón). Su estado de conservación es excelente. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Esta dosificadora procedió de la Real Junta de Farmacia, con destino al Real Colegio de San Fernando.



**Figura 643. Dosificadora [MFH 1030].**

Recipiente para dispensar fármacos en pequeñas cantidades [MFH 3832] (figura 644). Foto número: 375. Se acompaña de cucharita. Son sus medidas: 3,9 cm de altura, 10,8 cm de ancho y 3,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio y metal. Su estado de conservación es perfecto. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este pequeño instrumento fue una donación al Museo de don Claudio Gómez de la Calle, farmacéutico de Corotejada.



**Figura 644. Recipiente para dispensar fármacos en pequeñas cantidades [MFH 3832].**

Recipiente para rodar píldoras [MFH 2827] (figura 645). Foto número: 357. Son sus medidas: 3,2 cm de altura, 19,2 cm de ancho y 7,9 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: latón, asa de madera. Su estado de conservación es excelente. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 645. Recipiente para rodar píldoras [MFH 2827].**

Recipiente de reactivos con doble tapadera [MFH 1068] (figura 646). Foto número: 141. Este aparato fue fabricado por la casa *A.G.* Son sus medidas: 20,0 cm de altura, 14,5 cm de ancho y 14,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal (estaño o zinc). Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 646. Recipiente de reactivos con doble tapadera [MFH 1068].**

Recipiente de reactivos para agua destilada esterilizada [MFH 1524] (figura 647). Foto número: 139. Son sus medidas: 36,5 cm de altura, 36,0 cm de ancho y 19,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Respecto a su estado de conservación, se halla parcialmente oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este recipiente procede de la Farmacia Americana, Carrera de San Jerónimo, número 1, Madrid, España.



**Figura 647. Recipiente de reactivos para agua destilada esterilizada [MFH 1524].**

Recipiente de reactivos para agua destilada esterilizada [MFH 1525] (figura 648). Foto número: 138. Son sus medidas: 26,0 cm de altura, 15,0 cm de ancho y 15,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno, podría estar en uso. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este recipiente procede de la Farmacia Americana, Carrera de San Jerónimo, número 1, en la ciudad de Madrid, España.





**Figura 648. Recipiente de reactivos para agua destilada esterilizada [MFH 1525].**

Vaso hermético para medicamentos [MFH 3415] (figura 649). Foto número: 129. Son sus medidas: 8,0 cm de altura, 3,4 cm de ancho y 3,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio, argolla de cierre de metal, tapa cerámica, arandela de goma. Su estado de conservación es bueno, aunque la goma está pasada y presenta aspecto de gran rigidez. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El vaso fue una donación del Sr. Lizcano, Farmacia de la calle Michelena en San Sebastián.



**Figura 649. Vaso hermético para medicamentos [MFH 3415].**



### 33. FARMACIA OPERATORIA: INSTRUMENTOS DE HIDRÁULICA

Cualquier estudiante de los primeros cursos de una licenciatura experimental o ingeniería no dudaría en encasillar la hidráulica dentro de la Física, tanto más hace un siglo<sup>396</sup>. Sin embargo, nuestra “percepción farmacéutica” amplía tal horizonte e inyectores, dosificadores, llaves para fluidos, etc. *deben* ubicarse en este apartado.

inyector mecánico para dosificador de polvos [MFH 2947] (figura 650). Foto número: 151. Son sus medidas: 6,9 cm de altura, 14,1 cm de ancho y 7,8 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El inyector fue donado al Museo por la Farmacia Fuentes (Palencia).

---

<sup>396</sup> FLAMANT, A.: *Hidraulique*. Paris-Liège: Librairie Polytechnique Ch. Béranger, 1923.



**Figura 650. Inyector mecánico para dosificador de polvos [MFH 2947].**

Inyector de pistón móvil [MFH 2957] (figura 651). Foto número: 150. Este aparato fue fabricado por la casa *Deposé R.G.* Son sus medidas: 9,2 cm de altura, 6,0 cm de ancho y 4,5 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. También fue una donación al Museo de la Farmacia Fuentes (Palencia).



**Figura 651. Inyector de pistón móvil [MFH 2957].**

Adaptador para inyector de pistón móvil [MFH sn] (figura 652). Foto número: 152. Son sus medidas: 7,6 cm de altura, 2,2 cm de ancho y 2,2 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 652. Adaptador para inyector de pistón móvil [MFH sn].**

Cuatro clísteres para enemas [MFH 2895] [MFH 2884] [MFH 2790] [MFH 2894] (figura 653). Foto número: 133.

Datos del primero [MFH 2895]. Medidas: 30,0 cm de altura, 4,4 cm de ancho y 4,4 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal (que parece estaño o zinc), émbolo de madera. Su estado de conservación es regular, con el émbolo de madera roto parcialmente, estando el resto bien, muy poco oxidado, aunque no aspira y sí dispensa bien.

Datos del segundo [MFH 2884]. Medidas: 32,8 cm de altura, 4,6 cm de ancho y 4,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal (parece estaño o zinc), émbolo de madera. Su estado de conservación es bueno, pero algo más oxidado que el anterior y fue una donación de la Doctora Esther Alegre.

Datos del tercero [MFH 2790]. Medidas: 36,5 cm de altura, 5,5 cm de ancho y 5,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal (que parece estaño o zinc), con el émbolo de madera. Su estado de conservación es el de regular, está golpeado. Fue adquirido por el Museo al Sr. Ojeda por 400 Ptas.

Datos del cuarto [MFH 2894]. Medidas: 24,7 cm de altura, 4,6 cm de ancho y 4,6 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal (parece estaño o zinc), émbolo de madera. Su estado de conservación es deficiente, con el terminal inferior final roto.

En el momento de la foto, los cuatro clísteres para enemas se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 653. Cuatro clísteres para enemas [MFH 2895] [MFH 2884] [MFH 2790] [MFH 2894].**



Aparato para dosificar contenidos líquidos en cápsulas [MFH 3007] (figura 654). Foto número: 149. Son sus medidas: 1,8 cm de altura, 12,2 cm de ancho y 1,7 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metal, mango de madera, donde se atornilla la cucharilla. Su estado de conservación es muy bueno, muy poco oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 654. Aparato para dosificar contenidos líquidos en cápsulas [MFH 3007].**

Dispositivo para transportar líquidos biológicos (sangre) según Dr. Anna Pölzl [MFH 3011] (figura 655). Foto número: 127. Este aparato fue fabricado por la casa *C. Reichert*, en la ciudad de Viena, Austria. Exhibe el número de serie 5517F. Son sus medidas: 5,1 cm de altura, 15,4 cm de ancho y 0,8 cm de fondo. Consta de tres partes y son los materiales con los que se halla construido: transportador de Pölzl (metálico, con dos vasijas de

vidrio), lanceta según Laker (metal) y mezclador según Thoma (metal y tubo de goma). Su estado de conservación es bueno, estando ya picado el tubo de goma para llevar desde la lanceta al transportador. En el momento de la foto, se encontraba en las vitrinas de la exposición existente en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. La aplicación de este aparato era transportar la sangre del enfermo a la oficina del médico o al laboratorio, donde éste disponía de un microscopio, mientras que en la propia habitación del enfermo, había normalmente oscuridad, era engorroso transportar para llevar allí el microscopio, y los parientes del enfermo asistían (y previsiblemente estorbaban sin querer) las operaciones del médico<sup>397</sup>.



**Figura 655. Dispositivo para transportar líquidos biológicos [MFH 3011].**

<sup>397</sup> CLAY, REGINALD S.: *The History of the Microscope*. Londres: Charles Grifftin and Company, 1932 (Op. Cit.).

Llave reguladora de dos vías para fluidos [MFH sn] (figura 656). Foto número: 008. Este aparato fue fabricado por la casa *Engler Maschinenfabriks Ges m.b.H.*, en la ciudad de Viena, Austria, en el “año 291”, patente número 102837. Son sus medidas: 12,5 cm de altura, 29,5 cm de ancho y 16,5 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es bueno, gira, aunque oxidado y sólo necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.



**Figura 656. Llave reguladora de dos vías para fluidos [MFH sn].**

Llave reguladora de dos vías para fluidos [MFH sn] (figura 657). Foto número: 009. Este aparato fue fabricado por la casa *Engler Maschinenfabriks Ges m.b.H.*, en la ciudad de Viena, Austria. Son sus medidas: 14,0 cm de altura, 28,0 cm de ancho y 18,0 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de

conservación es bueno, gira muy bien, aunque está oxidado y necesita limpieza. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 10.



**Figura 657. Llave reguladora de dos vías para fluidos [MFH sn].**



## 34. OTROS INSTRUMENTOS DIVERSOS

Cono de verascopio [MFH 3802] (figura 658). Foto número: 074. Este aparato fue fabricado por la casa *Leicafilm Vh*. Son sus medidas: 27,0 cm de altura, 16,9 cm de ancho y 16,9 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos, con el visor de vidrio. Respecto a su estado de conservación, se halla parcialmente oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 658. Cono de verascopio [MFH 3802].**

Ureómetro de Erhach<sup>398</sup> [MFH 1100] (figura 659). Foto número: 377. Este aparato fue fabricado por la casa *Brewer Frères* y responde al tipo *Noel*. Son sus medidas: 38,0 cm de ancho y 1,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: vidrio, caja de madera. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. El ureómetro fue una donación al Museo del Dr. Casares López.



**Figura 659. Ureómetro de Erhach [MFH 1100].**

Existe en la colección otro ureómetro [MFH 3029], fabricado por la casa *Darsmulli Constructeur*, Rue Gay-Lussac, en la ciudad de París, Francia. Son sus medidas: 38,0 cm de ancho y 1,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido

---

<sup>398</sup> Un ureómetro es un aparato para detectar y medir urea, tanto en sangre como en orina.

son: vidrio, caja de madera. No se ha podido realizar foto; el instrumento se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este ureómetro fue donado al Museo por la Farmacia Fuentes (Palencia).

Regulador de gas [MFH 1012] (figura 660). Foto número: 402. Son sus medidas: 28,5 cm de altura, 13,5 cm de ancho y 13,5 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. En cuanto a su estado de conservación, se encuentra oxidado, con el tubo cortado o roto. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.



**Figura 660. Regulador de gas [MFH 1012].**



Máquina para marcar números y caracteres taladrados [MFH 2958] (figura 661). Foto número: 061. Posee escalas de medida, de 1 a 0, \$, \*. Este aparato fue fabricado por la casa *The S. & P.* Son sus medidas: 14,5 cm de altura, 11,0 cm de ancho y 14,0 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son: metálico. Su estado de conservación hace ver que se halla oxidado parcialmente, necesita limpieza y no hace bien el juego. En el momento de la foto, se encontraba en la antecátedra del aula “Obdulio Fernández”, primer piso, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Este instrumento fue donado al Museo por la Farmacia Fuentes (Palencia).



**Figura 661. Máquina para marcar números y caracteres taladrados [MFH 2958].**

Compresor atmosférico [MFH 3922] (figura 662). Foto número: 013. Este aparato fue fabricado por la casa *Sauerstoff-Centrale*, en la ciudad de Berlín, Alemania. Exhibe el número de serie 10844 y fue distribuido por *Industrias Sanitarias, Antigua Casa Hart-*

*mann*, Barcelona, Madrid, Sevilla. Son sus medidas: 28,0 cm de altura, 23,7 cm de ancho y 17,2 cm de fondo. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Historia de la Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, dependencia número 11.



**Figura 662. Compresor atmosférico [MFH 3922].**

Maletín de Edafología (estuche de campo de edafólogo o estuche para análisis de minerales) [MFH 1343] (figura 663). Foto número: 322. Este aparato fue fabricado por la casa *August Lingke & Co*, en la ciudad de Frieberg. Exhibe el número de serie s. XIX. Son sus medidas: 17,0 cm de altura, 29,9 cm de ancho y 22,4 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son diversos, con el maletín de madera. Su estado de conservación es bueno, con la madera algo ajada. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad

Complutense de Madrid. Se trató de una donación al Museo del Laboratorio de Análisis, en 1958.



**Figura 663. Maletín de campo de Edafología [MFH 1343].**

Dos maletines de Edafología complementarios [MFH 1343] (figura 664). Foto número: 323. Son las medidas de cada uno: 3,5 cm de altura, 27,0 cm de ancho y 14,3 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son diversos y el maletín de madera. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en el Museo de la Farmacia Hispana de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid. Fue una donación al Museo, del laboratorio de Análisis, en 1958.



**Figura 664. Dos maletines de Edafología [MFH 1343].**

Aparato para observar precipitación [MFH sn] (figura 665). Foto número: 198. Este aparato, modelo *Zeichen Kular*, fue fabricado por la casa *Ernst Leitz* (actualmente *Leica*), en la ciudad de Wetzlar, Alemania. Son sus medidas: 6,0 cm de altura, 3,4 cm de ancho y 3,5 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación es muy bueno. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.



**Figura 665. Aparato para observar precipitación [MFH sn].**

Pantógrafo de Abbe [MFH sn] (figura 666). Foto número: 240. Este aparato, modelo *Zeicheapparat nach Abbe*<sup>399</sup>, fue fabricado por la casa *Carl Zeiss*, en la ciudad de Jena, Alemania. Exhibe el número de serie 3558. Son sus medidas: 3,6 cm de altura, 16,5 cm de ancho y 7,3 cm de fondo. Los materiales con los que este instrumento se halla construido son metal y vidrio. Su estado de conservación es bueno, espejo algo oxidado. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, en la exposición situada en el pasillo de entrada.

---

<sup>399</sup> TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998 (Op. Cit), p. 82-83.



**Figura 666. Pantógrafo de Abbe [MFH sn].**

Esferas de Lieja [MFH sn] (figura 667). Foto número: 154. Son sus medidas: 19,5 cm de altura, 12,7 cm de ancho y 12,7 cm de fondo. Los materiales con los que el instrumento se halla construido son metálicos. Su estado de conservación es excelente. En el momento de la foto, se encontraba en la Cátedra de Técnicas Instrumentales, en el despacho del Prof. Dr. Benito del Castillo. Su propietario inicial fue d. Obdulio Fernández; éste lo cedió como regalo personal al Dr. Juan de la Serna, quien, a su vez, se lo regaló personalmente al Prof. Dr. Benito del Castillo. Las esferas de Lieja se utilizaban con fines analíticos, pues este conjunto aflorador de depósito consiste en una esfera de aluminio de unos 120 mm de diámetro, cubierta de vaselina y expuesta al aire con el fin de recoger los polvos que allí se depositan. Más que unos instrumentos propiamente dichos, las esferas de Lieja

se emplean para determinar la presencia de contaminantes, como polvo de carbón y otros sólidos en dispersión en las atmósferas de cuencas y ciudades mineras. La forma esférica perturba menos el flujo del aire que otras formas para depósitos y se halla muy extendida en Bélgica y los Países Bajos. La eficacia de la captura de una esfera de Lieja depende, sin embargo, de diversos parámetros ambientales, como es la velocidad del viento y la masa de las partículas.



**Figura 667. Esferas de Lieja [MFH sn].**

## BIBLIOGRAFÍA

ALLARD, E: *Phares et balises au XIXeme siècle*. Paris: Presses d'école nationale des ponts et chaussées D. L., 1995.

AMAT, FELICE: *Physicae particularis institutiones*, 2ª ed. Barcelona: officina Bernardi Pla, 1785.

ASSOCIATION POUR L'HISTOIRE DE L'ELECTRICITÉ EN FRANCE. Colloque, 8ª ed., París, 1995, AHEF, O.L.

BAILLY, C.: *Manuel de physique ou éléments abrégés de cette science*, 6ª ed., París: Librairie Encyclopédique de Robet, 1834.

BATORI, A., BOVILACQUE, F.: *Clavis Scientiarum. Catalogo del Fondo Storico di Fisica alla Biblioteca Universitaria e della Biblioteca A. Volta di Pavia*. Milán: Università degli Studi di Pavia, 1990.

BEDINI, SILVIO A.: *The Pulse of Time: Galileo Galilei, the determination of longitude and pendulum clock*. Firenze: Leo S. Olschki, 1991.

BELLODI, G.: *Guida alla mostra "strumenti di mistura elettici del Museo per la Storia dell'Università de Pavia"*. Pavia Università degli Studi di Pavia, 1990 (Storia delle Scienze, Serie Rossa).

BENSAUDE-VINCENT, BERNADETTE: *Dans le laboratoire de Lavoisier*. París: Nathan D. L., 1993.

BEUDANT, F. S.: *Tratado elemental de Física*. Imprenta de D. Miguel de Burgos, 1830.

BOFFITO, GIUSEPPE: *Gli strumenti della scienza e la scienza degli strumenti*. Roma: Multigrafica Editrice, 1982.

BORCHI, EMILIO: *Termometri e termoscopi*. Firenze: osservatorio Ximeniano de Firenze, 1997.

BORJA DEvesa, JOSÉ MIGUEL: *Historia Gráfica de la Óptica*. Barcelona: Editorial Jims, 1990.

BRAND, JOHN C. D.: *Lines of light: the sources of dispersive spectroscopy, 1800-1930*. Luxembourg: Gordon and Breach, 1995.



*Breguet, Emmanuel. Un horloger en pleine révolution. Revista "La Revue", Mars 1997.*

BROWN, OLIVIA: *Microscopes*. Cambridge: Whipple Museum of the History of Science, 1987.

BROWN, OLIVIA: *Whipple Museum of the History of Science (Cambridge), Balances and Weights*. Cambridge: Whipple Museum of the History of Science (Cambridge), 1982.

BRUTON, ERIC: *The history of clocks and watches*. New York: Crecent Books, 1989.

BUIGNET, HENRI: *Manipulations de Physique. Cours de travaux pratiques*. París: Librairie J. B. Baillière et Fils, 1877.

CARL ZEISS, JENA. *Instrumentos ópticos de medida, catálogo resumen*. Jena, Madrid: Carl Zeiss , 1939.

CARL ZEISS, STIFTUNG JENA. *A spectacle of spectacles: exhibition catalogue*. Leipzig: Edition Leipzig, 1988.

CARVAJAL, EDUARDO, Ed.: *Manual de Luminotecnia*. Madrid: Asociación Española de Luminotecnia, 1931.

CASARES GIL, JOSÉ: *Tratado de Técnica Física*, 3ª edición, Madrid, Librería de Victoriano Suárez, 1924.

CHALDECOTT, J. A.: *Temperature measurement & control, part II*. London: Science Museum, 1976 (Catalogue of the collections in the Science Museum). London Science Museum, 1976.

CLAY, REGINALD S.: *The History of the Microscope*. Londres: Charles Grifftin and Company, 1932.

CONSEJO SOCIAL DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID: *El Museo de la Farmacia Hispana*. Madrid: Gráfica Internacional, 1993.

CONSERVATORIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS: *Musée*. Paris: C.N.A.M., 1955.

CORRINGTON, JULIAN D.: *The microscope: a pictorial history*. The Journal of the microscope historical society p. 29-46.

DANIELS, GEORGE: *La Montre: principes et methods de fabrication*. Lausanne: Editions Scriptar s.a., 1993.

DARY, GEORGES. *A travers l'électricité*. Paris: Librairie Nony & Cie, 1900.

DEL CASTILLO, B.: *El largo camino de los métodos luminiscentes*, discurso de ingreso en la Real Academia de Farmacia, el 9 de mayo de 1996. Madrid: Imprenta Closas Orcoyen, 1996.

DORRONSORO Y CELAYETA, B.: *Estudio de los Instrumentos y Aparatos de Física de Aplicación en la Farmacia*. Madrid: Librería de Hernando y Cía. , 1896.

DRAGECIRDLE, BRIAN: *A history of microtechnique: the evolution of the microtome and the development of tissue preparation*, 2nd ed. Lincolnwoods: Science Heritage.

DU, MONCEL, THEODOSE ACHILLE LOUIS: *L'éclairage électrique*. Paris: Librairie Machette, 1880.

DUGAS, RENÉ: *A history of mechanics*. New York: Dover Publications, 1988.

DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989.

DUMAS, MAURICE: *Scientific instruments of the Seventeenth and Eighteenth centuries and their makers*. Paris: Portman Books, 1989.

DUVAL, MATHIAS: *Early Science at Harvard: Précis de technique microscopique et histologique*. Paris: Librairie J. B. Bailliére et Fils, 1878.

FAHRENHEIT, D. G.: Phil. Trans. (Londres) 33, 78, 1724.

FLAMANT, A.: *Hidraulique*. Paris-Liège: Librairie Polytechnique Ch. Béranger, 1923.

FORS Y CORNET, R.: *Tratado de Farmacia Operatoria*. Barcelona: Imprenta de la Renaixensa, 1876.

FRANK, A. J. L. y STEVENAGE, JAMES, editores: *The correspondence of Michael Faraday*. Six Hills Way: Institution of Electrical Engenieers, 1993.

GAMOV, GEORGE. *Biografía de la Física*. Madrid: Alianza Editorial, 1988.

GARAGARZA, FAUSTO: *Programa de la asignatura de Instrumentos y Aparatos de Física, de Aplicación á la Farmacia*. Madrid: Librería de la Viuda de Hernando y Cía, 1892.

GIORDANO, CIRO: *Guida alla mostra "elettricità e magnetismo nel fondo storico di fisica della biblioteca universitaria"*. Pavia: Università degli Studi di Pavia, 1990.

GIRALT-LAPORTA: *Catálogo ilustrado de la casa Juan Giralt Laporta*. Barcelona: Talleres de imprenta de Vda. de Luis Tasso, 1907.

GONZALEZ MARTI, IGNACIO: *Tratado de Física General*, 2ª ed. Madrid: Imprenta de Prudencio Pérez de Velasco, 1912.

GRAHAM, J. T.: *Weight and measures*. London: Shire Publications Ltd, 1979.

GUERICKE, OTTO VON: *The new (so-called) Magdeburg experiments of Otto von Guericke*. Dordrecht: Kluwer Academic cop., 1994.

GUILLEMIN AMADÉE VICTOR: *El mundo físico*. Barcelona: Montoner y Simón, 1882.

HALL, A. RUPERT: *Newton, his friends and his foes*. Aldershot: Variorum collected Studies Series, 1993.

JAMIN, M.: *Cours de Physique de l'école polytechnique*, 4ª ed. Paris: Gautiers-Villars, imprimeur-librairie, 1886.

La ciencia de la luz. Barcelona: Prensa Científica, D. L., 1995.

LABORATORIO ELÉCTRICO SÁNCHEZ: *Aparato portátil del Rayos X Sánchez y Alta Frecuencia*: patente de invención en todos los países. Construido por el laboratorio eléctrico Sánchez, Piedrabuena, España. Barcelona: Imprenta Elzeviriana, 1923.

LATINEN, HERBERT A. y EWING, GALEN W: *A history of Analytical Chemistry*. New York: The Division of Analytical Chemistry of the American Chemical Society, 1977.

LAUTENSCHLÄGER, F. M.: *Fabrik Wissenschaftlicher Apparate*, Katalog núm. 100. Berlin: Königlicher Hoflieferant, 1907.

LEE, ARTHUR BOLLES: *The microtometist's vademecum*. Lincolnwood: Science Heritage, 1987.

LEIDEN, MUSEUM BOERHAAVE. A question of time: Christian Huygens (1629-1695). Leiden: Museum Boerhaave, 1980.

LEYBOLD'S NACHFOLGER: *Einrichtungen und Apparate für den Physikalischen Unterricht*, 5ª ed. Cöln: Ph. Gehly, 1899.

MAC CONNELL, ANITA: *Instruments makers to the world: a history of Cooke, Troughton & Simms*. New York: William Sessions, 1992.

MAC CORMICK, J. B.: *Eighteen century microscopes: synopsis of history and workbook*. Lincolnwood: Science Heritage, 1987.

MÉTRAL, P.: *Précis de physique pour le brevet élémentaire*, 2ª ed. Paris: Massan et Cie, 1930.

- MICHELI, GIANNI: *Le origini di concetto di machina*. Firenze: Leo S. Olschki, 1995.
- MIDDLETON, W. E. KNOWLES: *A history of thermometer and its use in metrology*. Baltimore, Maryland: The John Hopkins Press, 1996.
- MIDDLETON, W. E. KNOWLES: *Invention of the meteorological instruments*. Michigan: University Microfilms International, 1991.
- MUSAEUS, W.: “*Ueber eine neue Verbesserung der Holtz'schen Influenzmaschine mit entgegengesetzt rotirenden Scheiben, wodurch die doppelte Menge der Elektrizität erzeugt werden kann*” Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, CXLIII, 1871, pp. 285-289.
- POGGENDORFF, J. C.: “*Beitrag zur näheren Kenntniss der Elektromaschine zweiter Art*” Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, CL, no. 9, pp. 1-30, 1873.
- PORTILLO, RAMÓN: *Introducción a los Métodos Instrumentales Químico-analíticos*. Alcalá de Henares: Imprenta T.P.A. (Talleres Penitenciarios de Alcalá de Henares), 1963.
- PORTILLO, RAMÓN: *Operaciones y Técnicas Físicas de Laboratorio*. Alcalá de Henares: Imprenta T.P.A. (Talleres Penitenciarios de Alcalá de Henares), 1957.
- REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES: *Curso de Conferencias sobre historia de la Física en el siglo XIX*. Madrid: publicación de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1987.
- RESAGING, COULOMB (BLONDEL, CHRISTINE, Ed.): *Usages, controversies et repli-cations autour de la balance de torsion*. Firenze: Leo S. Olschki, 1994.
- SIMPOSIO FARADAY: *Michael Faraday, un genio de física experimental., 1ª ed.* México: Fondo de Cultura Económica, 1995.
- SKOOG, DOUGLAS A., WEST, DONALD M., HOLLER, F. JAMES.: *Fundamentals of Analytical Chemistry 7th. ed.* Saunders College Publishing, Fort Worth (1996).
- SPRONSEN, JAN W. VAN. *Guide of european museums with collections on history of chemistry and of pharmacy*. Antwerp: Federation of European Chemical Societies, 1998.
- STOCK, JOHN T. *Development of the chemical balance*. London: Her Majesty's Stationery Office, 1969.
- STOCK, JOHN T. y ORNA, MARY VIRGINIA, editores. *The history and preservation of chemical instrumentation*. Dordrecht: Reidel, 1986.

STOCK, JOHN T. Y VAUGHAN, DENYS: *The development of instruments to measure electric current*. London: Science Museum, 1983.

TEYLER MUSEUM (HAARLEM): *Physical cabinet. The practice of science in the nineteenth century*. Haarlem: Teyler Museum, 1996.

TURNER, GERARD L'ESTRANGE: *Scientific Instruments 1500-1900: an introduction*. Londres: Philip Wilson, 1998.

TURNER, L. E.: *Catalogue of microscopes*. Firenze: Museo di Storia della Scienza de Firenze, 1991.

VALLE LÓPEZ, ÁNGELA DEL: *Aportación bibliográfica a la historia de la ciencia: Universidad Central 1886-1902*. Madrid: Ed. Narcea, 1988.

VALLE LÓPEZ, ÁNGELA DEL: *La Universidad Central y su distrito en el primer decenio de la Restauración Borbónica (1875-1885)*. Madrid: Consejo de Universidades, 1990.

VALLS, J. O., DEL CASTILLO, B.: *Técnicas Instrumentales en Farmacia y Ciencias de la Salud*. Barcelona: Ed. Píros, 1985.

VETRANO, FLAVIO: *Il Gabinetto di Fisica dell'Università di Urbino: la sua Storia, il suo Museo*. Roma: Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, 1996.

WILLEM D. HACKMANN: *Museo di Storia della Scienza (Firenze). Catalogue of Pneumatical Magnetical and Electrical Instruments*. Firenze: Giunti imp., 1995.

ZUPKO, RONALD EDWARD: *Revolution in Measurement: Western european weights and measures since the Age of Science*. Philadelphia: The American Philosophical Society.

## **INDICE DE INSTRUMENTOS DE LA COLECCIÓN POR CAPÍTULOS**

### **Capítulo 1. Fuentes de energía eléctrica**

Máquina de Wimshurst [MFH sn].

Máquina magnetoeléctrica de Clarke.

Recipiente para estudios de electrostática [MFH 1089].

Transformador eléctrico [MFH 3920].

Elevador - reductor [MFH 3921].

Electroscopio de alto voltaje de Elster y Geitel [MFH 4154].

Elektroskop (fontantoscopio) [MFH 4110].

### **Capítulo 2. Instrumentos de medida eléctrica y disposiciones accesorias**

Amperímetro o aparato de Ampère [MFH 4212].

Amperímetro o aparato de Ampère [MFH sn].

Amperímetro o aparato de Ampère [MFH sn].

Mavómetro para medidas de intensidad eléctrica (amperímetro) [MFH sn].

Carrete de Ruhmkorff [MFH sn].

Carrete de Ruhmkorff [MFH sn].

Carrete de Ruhmkorff [MFH sn].

Carrete de Ruhmkorff [MFH sn].

Galvanómetro [MFH sn].

Galvanómetro [MFH sn].

Galvanómetro de Kelvin [MFH sn].

Imán [MFH 1021].

Resistencia de cursor [MFH 3927].

Resistencia de cursor [MFH 4145].

Resistencia para shunt [MFH sn].

Caja de resistencias de bornes [MFH sn].

Caja de resistencias de bornes [MFH sn].

Resistencia de clavija [MFH sn].

Resistencia múltiple de bornes [MFH sn].

Reóstato [MFH sn].

Voltímetro electrónico [MFH sn].

### **Capítulo 3. Circuitos e instrumentos electrónicos**

Oscilógrafo [MFH sn].

### **Capítulo 4. Potenciales electródicos, técnicas potenciométricas y de medida de pH**

Tubo de descarga [MFH sn] .

Pila seca [MFH 1046].

Pila de Latimer Clark de 4V [MFH sn].

Pila de dicromato potásico [MFH 980].

Pila de dicromato potásico [MFH 1023].

Pila de dicromato potásico [MFH 2619].

Pila de dicromato potásico [MFH 3063].

Pila con electrodos de grafito [MFH sn].

Elemento de Grenet (piróforo o lámpara de Döbereiner) [MFH 1003].

Dos Pilas de Daniell o semielectrodos de gases [MFH 4160] y [MFH sn].

Pila Daniell o tubo de descarga [MFH sn].

Electrodo de calomelanos [MFH sn].

Piezas de vidrio de electrodos [MFH sn].

Piezas de vidrio de electrodos [MFH sn].

Potenciómetro [MFH sn].

Potenciómetro [MFH sn].

Potenciómetro [MFH sn].

pHmetro [MFH 3184].

Ionómetro [MFH sn].

Ionómetro [MFH sn].

pHmetro - potenciómetro [MFH sn].

### **Capítulo 5. Métodos eléctricos: polarografía y técnicas afines**

Polarógrafo [MFH sn].

Galvanómetro de polarógrafo [MFH sn].

Galvanómetro de polarógrafo [MFH sn].

Metronomo para contar gotas del electrodo de un polarógrafo [MFH sn].

### **Capítulo 6. Métodos conductimétricos, electrogravimétricos y culombimétricos**

Electrodo de conductímetro [MFH sn].

Caja de electrolisis para docencia [MFH sn].

Baño para galvanoplastia [MFH sn].

Baño para electrolisis [MFH 1025].

Sistema de electrolisis con electrodo de calomelanos [MFH sn].

### **Capítulo 7. Técnicas electroforéticas y de separación**

Controlador para colector de fracciones [MFH 4143].

Extensores de placas de cromatografía en capa delgada [MFH sn].

Fuente de potencia para electroforesis [MFH 4155].

Equipo de electroforesis [MFH sn].

Densitómetro para tiras de electroforesis en papel [MFH sn].

### **Capítulo 8. Fuentes y detectores de energía radiante**

Lámpara de arco voltaico de Krizík [MFH sn].

Lámpara de sodio para polarímetro [MFH 2991].

Lámpara de vapor de sodio de 45W y 50 Hz y su fuente de alimentación [MFH 3567].

Lámpara de sodio para polarímetro [MFH sn].

Fuente de radiación [MFH 4144].

Lámpara ultravioleta de mercurio de Hanau [MFH 3109].

Lámpara de cátodo hueco para absorción atómica [MFH sn].



Fuente de chispa [MFH sn].

Fuente de chispa [MFH sn].

Tubos para descarga de gases enrarecidos [MFH sn].

Fotomultiplicador [MFH sn].

## **Capítulo 9. Óptica geométrica y microscopía óptica**

Espejo ustorio [MFH sn].

Binocular con brazo o estereoscopio Wheatstone [MFH 3814].

Proyector de cuerpos opacos o estereoscopio Wheatstone [MFH 4094].

Proyector de cuerpos opacos o estereoscopio Wheatstone [MFH sn].

Platina de microscopio con diafragma (lente y soporte) [MFH 3807].

Sistema de proyección para linterna de proyección [MFH 4138].

Lentes para un fotómetro de Sibermann [MFH sn].

Soporte de lente [MFH sn].

Diafragma de cortinilla [MFH sn].

Lentes de retardo [MFH sn].

Lente [MFH sn].

Generador de interferencias ópticas [MFH sn].

Micromanipulador, con pie articulado y porta lupa [MFH 3562].

Caja de micrómetro [MFH sn].

Microscopio compuesto [MFH 893].

Microscopio tipo Cuff [MFH 1041].

Microscopio compuesto Adams [MFH 1042].

Microscopio tipo Cuff binocular [MFH 1043].

Microscopio inclinado de Nachet [MFH 1048].

Microscopio compuesto Culpeper [MFH 1251].

Microscopio de campo de Cuff [MFH 1320].

Cinco piezas de microscopio [MFH 1335].

Microscopio simple Gould [MFH 1355].

Microscopio óptico compuesto monocular [MFH 3529].

Objetivo de proyección [MFH 3796].  
Fuente de un ultramicroscopio cardiode [MFH 3815].  
Microscopio simple para disección [MFH 4176].  
Microscopio óptico compuesto monocular [MFH sn].  
Microscopio óptico monocular [MFH sn].  
Tubo de microscopio óptico simple monocular [MFH sn].  
Micrómetro con estuche [MFH 3786].  
Microtomo de congelación [MFH 2998].  
Microtomo [MFH 4146].  
Objetivo de proyección de 400 mm [MFH 2999].  
Catetómetro o microteodolito [MFH sn].  
Goniómetro [MFH 2990].  
Goniómetro de contacto [MFH sn].

#### **Capítulo 10. Métodos refractométricos**

Refractómetro de Abbe [MFH sn].  
Refractómetro universal de M. R. Féry [MFH 2987].  
Refractómetro de Féry o Refractómetro de Duboscq y Pellin [MFH 4092].  
Refractómetro de inmersión [MFH 4689].  
Baño para refractómetro de inmersión Zeiss [MFH 3947].  
Refractómetro de inmersión [MFH sn].  
Refractómetro de inmersión [MFH sn].  
Patrones de refractometría [MFH sn].  
Baño para refractómetro de inmersión [MFH sn].  
Prisma óptico para estudiar acromatismo [MFH 1216].  
Prismas para estudios de acromatismo de un aparato estudios de proyección de objetos horizontales [MFH sn].

#### **Capítulo 11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos**

Conjunto analizador - polarizador para construir un polarímetro manual [MFH 3813].

Sacarímetro o polarímetro de Biot [MFH 3519].

Polarímetro de Lippich [MFH 3565].

Polarímetro de Laurent [MFH 3566].

Polarímetro de Lippich [MFH 4091].

Polarímetro [MFH 4162].

Polarímetro de Laurent [MFH sn].

Polarímetro vertical [MFH sn].

Polarímetro de penumbra [MFH sn].

Polarímetro de Lippich [MFH sn].

Tubos de polarimetría [MFH sn].

Pinzas de turmalina [MFH 5940].

## **Capítulo 12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión**

Fotocolorímetro Pulfrich [MFH 3943].

Comparador o recipiente hueco para visualizar reacciones colorimétricas [MFH 2771].

Colorímetro visual [MFH 3564].

Espectrómetro [MFH sn].

Espectroscopio de mano de visión directa o fotómetro de Mascart [MFH sn].

Tubos de soluciones para colorimetría [MFH sn].

Colorímetro para determinar glucemia (Blutzucker-kolorimeter) [MFH sn].

Xantoproteinómetro o colorímetro de Crescelius-Seifest [MFH sn].

Hemómetro o colorímetro de Crescelius-Seifest [MFH sn].

Colorímetro fotoeléctrico [MFH sn].

Fotocolorímetro universal [MFH sn].

Fotómetro de Sibermann [MFH sn].

Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH 2993].

Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH 2994].

Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH sn].

Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH sn].

Gradilla con tubos Nessler [MFH 7562].

Gradilla con tubos Nessler [MFH 7563].

Colorímetro [MFH 2775].

Fotocolorímetro [MFH 3418].

Colorímetro fotoeléctrico [MFH 4070].

Fotocolorímetro Mernick [MFH sn].

Fotocolorímetro Mernick [MFH sn].

Monocromador [MFH sn].

Tubos de absorción [MFH sn].

Tubos o cubetas de absorción [MFH sn].

Dos cubetas de absorción [MFH sn].

Cubetas de espectrofotómetro [MFH sn].

Cubetas de espectrofotómetro [MFH sn].

Cubetas de espectrofotómetro [MFH sn].

Fotocolorímetro médico [MFH sn].

Banco óptico para docencia [MFH sn].

Colorímetro de Duboscq [MFH 2980].

Colorímetro Duboscq [MFH 3111].

Hemoglobinómetro de Burkner - colorímetro Duboscq [MFH 4071].

Colorímetro de Duboscq [MFH 7564].

Colorímetro de Duboscq o hemoglobinómetro de Bürker [MFH 7565].

Colorímetro de Duboscq o hemoglobinómetro de Bürker [MFH 7566].

Soporte de cubetas para aparato óptico [MFH 3816].

Fotómetro de llama [MFH sn].

Fotómetro de llama de Lange [MFH sn].

### **Capítulo 13. Técnicas de rayos X**

Tubo de rayos catódicos o radiómetro eléctrico [MFH 4330].

Tubo de rayos X tipo Coolidge [MFH sn].

Tubo Coolidge [MFH sn].

Aparato portátil de rayos X Sánchez [MFH sn].

Tubo de rayos X [MFH sn].

Tubo de rayos X [MFH sn].

Tubo de Rayos X, modificado por Thompson [MFH sn].

Tubo de Crookes [MFH sn].

#### **Capítulo 14. Métodos radiométricos y fenómenos nucleares**

Contador de radiactividad [MFH 2774].

Medidor radiométrico [MFH sn].

#### **Capítulo 15. Instrumentos de calentamiento y de termostatización; determinación de magnitudes térmicas**

Mecheros de Bunsen [MFH 3520].

Veinticuatro mecheros de Bunsen [MFH 3818].

Bomba calorimétrica [MFH sn].

Picnómetros de Jaulmes, con termómetro incluido [MFH sn].

#### **Capítulo 16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión**

Autoclave [MFH 2996].

Autoclave [MFH 3936].

Autoclave [MFH sn].

Autoclave [MFH sn].

Autoclave [MFH sn].

Hornillo calentador [MFH 1549].

Hornillo de alcohol [MFH 3925].

Hornillo calentador con crisol [MFH 1550].

Dispositivo para calentar crisol [MFH 2447].

Horno para cenizas [MFH 2612].

Ebulloscopio de Melligand [MFH 2613].

Marmita de evaporación (baño de circulación, serpentín) [MFH 3396].

Marmita de evaporación [MFH 3527].

Dos mantas eléctricas para evaporación en caliente [MFH 3551] [MFH 3806].

Embudo eléctrico con cable y trípode para evaporación en caliente [MFH 3552].

Baño de agua [MFH sn].

Baño de agua [MFH sn].

Estufa de desecación [MFH 4156].

Estufa de desecación [MFH 4157].

Estufa de desecación [MFH 4165].

Estufa de desecación [MFH sn].

Estufa de desecación [MFH sn].

Estufa de desecación [MFH sn].

Aparato para determinar el punto 0°C [MFH sn].

Vacuómetro de McLeod, según Ubbelohde [MFH sn].

### **Capítulo 17. Operaciones de purificación de sustancias: separación de mezclas homogéneas**

Alambique de Gay-Lussac para ensayos con vinos [MFH 2611].

Alambique de Gay-Lussac para ensayos con vinos [MFH 4109].

Alambique [MFH 3791].

Dispositivo de decantación, complemento de un recipiente florentino [MFH sn].

Hornillo de gas [MFH 3924].

### **Capítulo 18. Operaciones de purificación de sustancias: separación de mezclas heterogéneas**

Crisoles de vidrio filtrante de sílice [MFH sn].

Filtro de sílice [MFH sn].

### **Capítulo 19. Operaciones de purificación: otras técnicas de separación de mezclas heterogéneas**

Centrífuga [MFH sn].

Centrífuga de pie con coraza protectora [MFH sn].

Centrífuga [MFH sn].

Tubo de centrífuga [MFH sn].

Soporte de tubos de centrífuga [MFH sn].

## **Capítulo 20. Medidas de longitud, superficie, volumen y tiempo**

Escala [MFH 1493].

Escala [MFH 2986].

Reloj de pulsos [MFH sn].

Reloj avisador [MFH sn].

Reloj avisador [MFH sn].

## **Capítulo 21. Medidas de masas**

Balanza de mano [MFH 872].

Balanza de mano [MFH 873].

Balanza de mano [MFH 900].

Balanza de mano [MFH 901].

Balanza de mano [MFH 902].

Balanza de mano [MFH 914].

Balanza de mano [MFH 930].

Balanza de mano [MFH 938].

Estuche para una balanza de mano [MFH 938].

Balanza plegable para pesar papelillos [MFH 1032].

Balanza de mano [MFH 1033].

Balanza de mano [MFH 1331].

Balanza de mano [MFH 1333].

Balanza de mano [MFH 1350].

Balanza de mano [MFH 2675].

Balanza de mano [MFH 2803].

Balanza de mano [MFH 3420].

Balanza de mano [MFH 3421].

Balanza de mano [MFH 1414].  
Balanza de mano [MFH 4329].  
Balanza de carga de laboratorio [MFH 1090].  
Balanza (granatario) [MFH 1373].  
Balanza (granatario) [MFH 2806].  
Balanza doble [MFH 2907].  
Balanza (granatario) [MFH sn].  
Balanza (granatario) [MFH sn].  
Balanza (granatario) [MFH sn].  
Balanza de Roberval (granatario) [MFH sn].  
Balanza de Roberval (granatario) de 2 Kg [MFH 4898].  
Caja de pesas con catorce pesas [MFH 4095].  
Balanza de precisión [MFH 1092].  
Balanza de precisión [MFH 1103].  
Balanza de precisión [MFH 1321].  
Balanza de precisión [MFH 2457].  
Balanza de precisión microquímica [MFH 4153].  
Balanza de precisión de Gambey [MFH 7560].  
Balanza de precisión [MFH 3929].  
Balanza de precisión [MFH 3930].  
Balanza de precisión [MFH sn].  
Balanza de precisión [MFH sn].  
Balanza de precisión [MFH sn].  
Balanza de precisión [MFH sn].  
Microbalanza [MFH sn].  
Balanza de precisión de un solo platillo [MFH sn].  
Balanza de torsión de 500 mg [MFH sn].  
Balanza dosificadora de papelillos [MFH 1140].

## **Capítulo 22. Determinación de densidades**



Cinco alcoholómetros Gay-Lussac [MFH 3113].  
Tres alcoholómetros, más probeta [MFH 3114].  
Densímetro o hidrómetro [MFH sn].  
Alcoholómetro [MFH 4112].  
Dos alcoholómetros [MFH 993].  
Alcoholómetros [MFH sn].  
Tres alcoholómetros [MFH sn].  
Alcoholómetro centesimal de Gay-Lussac [MFH sn].  
Areógrafo de Nicholson o “hidrómetro de Nicholson” [MFH 988].  
Areómetro o recipiente para estudios de densidad de cuerpos sólidos [MFH 994].  
Areómetro de Baumé y Cartier [MFH sn].  
Balanza hidrostática [MFH 076].  
Balanza hidrostática [MFH sn].  
Balanza de Wesphal [MFH 3804].  
Balanza de Wesphal [MFH 3805].  
Balanza de Wesphal [MFH sn].  
Accesorio de balanza hidrostática [MFH sn].  
Balanza de Wesphal [MFH sn].  
Balanza de Wesphal [MFH sn].  
Recipiente para estudios de densidad de cuerpos sólidos [MFH 995].  
Areómetro o densímetro de Paquet [MFH 996].  
Cinco densímetros [MFH 3112].  
Densímetro con estuche (Aparato de Granier) [MFH 3829].  
Picnómetro de líquidos [MFH sn].

### **Capítulo 23. Medidas de temperatura**

Calorímetro de Berthelot [MFH 4163].  
Matraces, dotación complementaria de un termóforo [MFH sn].  
Termógrafo de Richard [MFH sn].  
Termógrafo de Richard [MFH sn].

Psicrómetro [MFH 3414].

Termómetro de Réaumur [MFH sn].

Ocho termómetros de referencia [MFH sn].

Termómetro de comparación de Beckman [MFH 3817].

Termómetro de comparación de Beckman [MFH sn].

Termómetro de comparación de Beckman [MFH sn].

Juego de ocho termómetros tipo Baudin para calorimetría [MFH sn].

Refrigerante de vidrio [MFH sn].

Refrigerante cerámico [MFH sn].

## **Capítulo 24. Medidas de presión, tensión de vapor y grado higrométrico**

Higrómetro de Daniell [MFH 989].

Higrómetro de Regnault [MFH 3072].

Higrómetro de evaporación [MFH 3913].

Higrómetro químico [MFH sn].

Higrómetro de punto de rocío o de condensación [MFH sn].

Manómetro [MFH 3530].

Manómetro [MFH 3928].

## **Capítulo 25. Medidas de tensión superficial y viscosidades**

Picnómetro de sólidos [MFH sn].

Tensiómetro de Nouy [MFH 4069].

Frasco para medir viscosidad [MFH sn].

Frasco colector para viscosímetro Engler [MFH sn].

Viscosímetro (aparato doble refracción Duboscq y Pellin) [MFH sn].

Viscosímetro de Oswald modificado [MFH sn].

Viscosímetro para sangre Hellige [MFH sn].

Reómetro [MFH sn].

## **Capítulo 26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio**

Soporte [MFH 3932].

Soporte de madera para disoluciones [MFH sn].

Prisma de aceite [MFH sn].

Recipiente [MFH sn].

Dos crisoles cerámicos de Gooch [MFH sn].

Estativo [MFH 5413].

Dos estativos con soporte para seis tubos cada uno [MFH sn].

Matraz Erlenmeyer con tapón esmeril canulado para contar gotas [MFH 3417].

Dos matraces Erlenmeyer [MFH sn].

Matraz Erlenmeyer [MFH sn].

Tubo para líquidos fluorescentes [MFH sn].

Embudo de vidrio ámbar, filtrante [MFH sn].

Dos embudos [MFH sn].

Vaso recto [MFH sn].

Dos vasos de laboratorio [MFH sn].

Navecilla [MFH sn].

Tubo de ensayo para aplicaciones especiales [MFH sn].

## **Capítulo 27. Instrumentos para operaciones de purificación de sustancias; operaciones preliminares, previas y misceláneas**

Aparato para ocluir tubos de pomadas [MFH 3392].

Aparato para hacer sellos en seco [MFH 1215].

Taladratapones de Hegershoff [MFH 2972].

Prensacorchos (ablandacorchos) [MFH 2989].

Prensatapones de rueda (ablandatapones) [MFH 3409].

Prensatapones con forma de lagarto [MFH 3410].

Prensacorchos [MFH 4268].

Rielera para barritas de  $\text{NO}_3\text{Ag}$  [MFH 3424].

Molino [MFH 2621].

Prensa [MFH 1548].

Prensa [MFH 3919].

### **Capítulo 28. Instrumentos de farmacia operatoria: líquidos**

Dispensador gota a gota [MFH 3423].

Sifón de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica [MFH 3034].

Sifón de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica [MFH 3036].

Sifón de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica [MFH sn].

### **Capítulo 29. Instrumentos de farmacia operatoria: gases**

Aparato de inhalaciones de Dampf [MFH 7561].

Recipiente para purificar gases [MFH sn].

Frascos para gases [MFH sn].

Tubo de difusión de gases en líquidos [MFH sn].

Aparato de Kipp [MFH 3880].

Aparato de Kipp [MFH 3881].

Aparato de Kipp [MFH sn].

### **Capítulo 30. Instrumental fotográfico**

Cámara fotográfica para radiografías [MFH 3531].

Cámara fotográfica para radiografías [MFH 3795].

Cámara fotográfica [MFH sn].

Cámara fotográfica [MFH sn].

Apertómetro manual con ocular en estuche para fotografía [MFH 3573].

Fotómetro manual para fotografía [MFH sn].

Máquina de revelar fotografías “*codascope*” [MFH 4171].

Secador de películas espirales de 35 mm [MFH 4175].

Aparato para visualizar microfilmes [MFH sn].

Prisma y soporte, para cámara oscura [MFH sn].

Accesorios de cámara fotográfica ajustables a un verascopio, con caja [MFH 3563].

### **Capítulo 31. Farmacia operatoria: instrumentos de uso particular en farmacia**

Placa de pórfido y plancha (moleta) para pomadas oculares [MFH 1078].

Pildorero, peine y magdaleón [MFH 1487].

Pildorero [MFH 1551].

Pildorero y magdaleón [MFH 3028].

Pildorero, peine y magdaleón [MFH 3390].

Pildorero, peine y magdaleón [MFH 3397].

Tres planchas para alisar cremas o para rodar magdaleones [MFH 3023], [MFH 3404] y [MFH 3405].

Grageadora para dorar o platear píldoras [MFH 106].

Copa grageadora [MFH 173].

### **Capítulo 32. Farmacia operatoria: vasos conservatorios**

Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 141].

Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 148].

Instrumento o aparato para llenar cápsulas amiláceas [MFH 1488].

Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 2940].

Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 2942].

Cinco dosificadores de cápsulas [MFH 3003], [MFH 3004], [MFH 3082], [MFH 3399] y [MFH 140].

Aparato para preparar y llenar cápsulas [MFH 3022].

Dispositivo para preparar pastillas de goma [MFH 3400].

Dispositivo para preparar cápsulas [MFH sn].

Pildorero o aparato para preparar píldoras industrialmente [MFH 3398].

Aparato de Limousin o caja para preparación cápsulas medicamentosas [MFH 2948]. Dos moldes para hacer seis supositorios [MFH 3394] y [MFH 3395].

Dosificadora (aparato para hacer tabletas o supositorios) [MFH 1030].

Recipiente para dispensar fármacos en pequeñas cantidades [MFH 3832].

Recipiente para rodar píldoras [MFH 2827].

Recipiente de reactivos con doble tapadera [MFH 1068].

Recipiente de reactivos para agua destilada esterilizada [MFH 1524].

Recipiente de reactivos para agua destilada esterilizada [MFH 1525].

Vaso hermético para medicamentos [MFH 3415].

### **Capítulo 33. Farmacia operatoria: instrumentos de hidráulica**

Inyector mecánico para dosificador de polvos [MFH 2947].

Inyector de pistón móvil [MFH 2957].

Adaptador para inyector de pistón móvil [MFH sn].

Cuatro clísteres para enemas [MFH 2895], [MFH 2884], [MFH 2790] y [MFH 2894].

Aparato para dosificar contenidos líquidos en cápsulas [MFH 3007].

Dispositivo para transportar líquidos biológicos de Anna Pölzl [MFH 3011].

Llave reguladora de dos vías para fluidos [MFH sn].

Llave reguladora de dos vías para fluidos [MFH sn].

### **Capítulo 34. Otros instrumentos diversos**

Cono de verascopeo [MFH 3802].

Ureómetro de Erhach [MFH 1100].

Ureómetro [MFH 3029].

Regulador de gas [MFH 1012].

Máquina para marcar números y caracteres taladrados [MFH 2958].

Compresor atmosférico [MFH 3922].

Maletín de Edafología (estuche de campo de edafólogo o estuche para análisis de minerales) [MFH 1343].

Dos maletines de Edafología complementarios [MFH 1343].

Aparato para observar precipitación [MFH sn].

Pantógrafo de Abbe [MFH sn].

Esferas de Lieja [MFH sn].

Esferas de Lieja [MFH sn].



## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 001. Histograma con la distribución por capítulos de los instrumentos de la colección y partes de los mismos.

Figura 002. Gráfico de sectores con los grupos instrumentales de los aparatos de la colección.

Figura 003. Máquina de Faraday.

Figura 004. Michael Faraday (1791-1867).

Figura 005. Grabado de una máquina de Wimshurst.

Figura 006. James Wimshurst (1832-1903).

Figura 007. Máquina de Holtz y Poggendorff.

Figura 008. Máquina de Musaeus.

Figura 009. Máquinas de Wimshurst simples.

Figura 010. Máquinas de Wimshurst múltiples.

Figura 011. Máquina de Wimshurst [MFH sn].

Figura 012. Funcionamiento de una máquina de Wimshurst.

Figura 013. Funcionamiento de una máquina de Wimshurst.

Figura 014. Máquina magnetoeléctrica de Clarke [MFH 3808].

Figura 015. Máquina magnetoeléctrica para electroterapia de Clarke, de 1895.

Figura 016. Recipiente para estudios de electrostática [MFH 1089].

Figura 017. Transformador eléctrico [MFH 3920].

Figura 018. William Stanley, Jr. (1858 -1916).

Figura 019. Nikola Tesla (1857-1943).

Figura 020. George Westinghouse (1846-1914).

Figura 021. Elevador - reductor [MFH 3921].

Figura 022. Pulsador eléctrico o interruptor pulsante para un arco voltaico.

Figura 023. Pulsador eléctrico para un arco voltaico [MFH sn].

Figura 024. Electroscopio Elster y Geitel [MFH 4154].



Figura 025. Elektroskop (fontantoscopio) [MFH 4110].

Figura 026. El amperímetro es un galvanómetro con escala calibrada, que lee la co-rriente eléctrica en amperios.

Figura 027. Amperímetro o aparato de Ampère [MFH 4212].

Figura 028. André Marie Ampère (1775-1836).

Figura 029. Amperímetro o aparato de Ampère [MFH sn].

Figura 030. Amperímetro o aparato de Ampère [MFH sn].

Figura 031. Mavómetro (amperímetro) [MFH sn].

Figura 032. Pequeña bobina de inducción de laboratorio.

Figura 033. Espira central para investigación, de 1900.

Figura 034. Esquema de los componentes de un carrete de Ruhmkorff.

Figura 035. Carrete de Ruhmkorff.

Figura 036. Esquema externo e interno de un carrete de Ruhmkorff.

Figura 037. Heinrich Daniel Ruhmkorff (1803-1877), grabado a carboncillo.

Figura 038. Una de las primeras bobinas de inducción de 1850.

Figura 039. Bobina vertical de Masson.

Figura 041. Bobina de inducción de Ruhmkorff, de 1910.

Figura 042. Bobina de inducción médica creada por Apps.

Figura 043. Carrete de Ruhmkorff [MFH sn].

Figura 044. Carrete de Ruhmkorff [MFH sn].

Figura 045. Carrete de Ruhmkorff [MFH sn].

Figura 046. Carrete de Ruhmkorff [MFH sn].

Figura 047. Luigi Galvani (1737-1798).

Figura 048. Galvanómetro [MFH sn].

Figura 049. Galvanómetro [MFH sn].

Figura 050. Galvanómetro Kelvin.

Figura 051. Galvanómetro de Kelvin [MFH sn].

Figura 052. Imán.

Figura 053. Imán [MFH 1021].

Figura 054. Distintos tipos de resistencias de cursor.

- Figura 055. Resistencia de cursor [MFH 3927].
- Figura 056. Resistencias de cursor.
- Figura 057. Resistencia de cursor [MFH 4145].
- Figura 058. Resistencia para shunt [MFH sn].
- Figura 059. Cajas de resistencias de bornes.
- Figura 060. Caja de resistencias de bornes [MFH sn].
- Figura 061. Caja de resistencias de bornes [MFH sn].
- Figura 062. Resistencias de clavija.
- Figura 063. Resistencia de clavija [MFH sn].
- Figura 064. Resistencia múltiple de bornes que conforma un puente de Wheatstone.
- Figura 065. Resistencia múltiple de bornes integrada en un potenciómetro Leeds and Northrup.
- Figura 066. Resistencia múltiple de bornes [MFH sn].
- Figura 067. Reóstatos en serie (izquierda) y curvo (derecha).
- Figura 068. Reóstato [MFH sn].
- Figura 069. Antiguos voltímetros.
- Figura 070. Voltímetro electrónico [MFH sn].
- Figura 071. Oscilógrafo Mullard.
- Figura 072. Oscilógrafo [MFH sn].
- Figura 073. Pila de Volta (derecha), como fuente de alimentación de un diámetro de Rousseau (izquierda).
- Figura 074. Batería de pilas elementales compuestas por electrodos cobre / zinc en una solución de agua acidulada, grabado de 1870.
- Figura 075. Pila de receptáculo de Cruikshank.
- Figura 076. Pila helicoidal de Robert Hare.
- Figura 077. Pila de Wollaston.
- Figura 078. Pila de dicromato potásico.
- Figura 079. Pila de Grenet.
- Figura 080. Pila tipo torno de Gustave Trouve.
- Figura 081. Pila Radiguet.

Figura 082. Pila Guiraud.

Figura 083. Pila Daniell.

Figura 084. Pila Callaud.

Figura 085. Pila Meidinger.

Figura 086. Pila Bunsen y elementos Bunsen.

Figura 087. Pila de Grove.

Figura 088. Pila Lalande y Chaperon.

Figura 089. Pila Leclanché.

Figura 090. Tubo de descarga [MFH sn].

Figura 091. Alessandro Volta (1754-1827).

Figura 092. Pila de Volta, acepción homónima de “pila seca”.

Figura 093. Pila seca [MFH 1046].

Figura 094. Pila de Latimer Clark de 4 V [MFH sn].

Figura 095. Pila de dicromato potásico [MFH 980].

Figura 096. Pila de dicromato potásico [MFH 1023].

Figura 097. Pila de dicromato potásico [MFH 3063].

Figura 098. Pila con electrodos de grafito [MFH sn].

Figura 099. Elemento de Grenet [MFH 1003].

Figura 100. Daniell y Faraday .

Figura 101. Dos pilas Daniell [MFH 4160].

Figura 102. Pila Daniell o tubo de descarga [MFH sn].

Figura 103. Electrodo de calomelanos [MFH sn].

Figura 104. Piezas de vidrio de electrodos [MFH sn].

Figura 105. Electrodo de hidrógeno [MFH sn].

Figura 106. Svante Arrhenius.

Figura 107. Soren Peter L. Sørensen (1868-1939).

Figura 108. Arnold Beckman con su “acidímetro”, construido en 1934.

Figura 109. Potenciómetro [MFH sn].

Figura 110. Potenciómetro [MFH sn].

Figura 111. Potenciómetro [MFH sn].

Figura 112. pHmetro.

Figura 113. pHmetro [MFH 3184].

Figura 114. Ionómetro.

Figura 115. Ionómetro Lautenschläger [MFH sn].

Figura 116. pHmetro - potenciómetro [MFH sn].

Figura 117. Primitivo polarógrafo.

Figura 118. Jaroslav Heyrovsky (1890-1967).

Figura 119. Jaroslav Heyrovsky junto al primer polarógrafo con registrador, que construyó con Masuzo Shikata.

Figura 120. Uno de los primeros polarógrafos de Jaroslav Heyrovsky (1924).

Figura 121. Medalla del Premio Nobel de Química de 1959 concedido a Jaroslav Heyrovsky.

Figura 122. Polarógrafos de la marca Sargent.

Figura 123. Polarógrafo [MFH sn].

Figura 124. Galvanómetro de polarógrafo [MFH sn], en su caja.

Figura 125. Los dos componentes del galvanómetro de polarógrafo [MFH sn], fuera de su caja.

Figura 126. Metrónomo para contar gotas del electrodo de un polarógrafo [MFH sn].

Figura 127. Conductímetro de la marca Radiometer.

Figura 128. Conductímetro [MFH sn].

Figura 129. Electrodo de un conductímetro [MFH sn].

Figura 130. Caja de electrolisis para docencia [MFH sn].

Figura 131. Baño para galvanoplastia.

Figura 132. Baño para galvanoplastia [MFH sn].

Figura 133. Baño para electrolisis [MFH 1025].

Figura 134. Sistema de electrolisis con electrodo de calomelanos [MFH sn].

Figura 135. Gel de electroforesis de poliacrilamida.

Figura 136. Tiselius en 1965, cuadro de William Fleetwood.

Figura 137. Arne Wilhelm Kaurin Tiselius (1902-1971).

Figura 138. Tiselius, en una caricatura de la época.

- Figura 139. Controlador para colector de fracciones [MFH 4143].
- Figura 140. Extensores de placas de cromatografía en capa delgada [MFH sn].
- Figura 141. Fuente de potencia para electroforesis [MFH 4155].
- Figura 142. Equipo de electroforesis Boskamp.
- Figura 143. Equipo de electroforesis [MFH sn].
- Figura 144. Densitómetro para tiras de electroforesis en papel [MFH sn].
- Figura 145. Lámpara de arco.
- Figura 146. Lámpara de arco voltaico [MFH sn].
- Figura 147. Diferentes lámparas para polarimetría.
- Figura 148. Lámpara de sodio para polarímetro [MFH 2991].
- Figura 149. Lámpara de vapor de sodio y su fuente de alimentación [MFH 3567].
- Figura 150. Lámpara de sodio para polarímetro [MFH sn].
- Figura 151. Fuente de radiación [MFH 4144].
- Figura 152. Lámpara ultravioleta de mercurio de Hanau [MFH 3109].
- Figura 153. Alan Walsh (1916-1998).
- Figura 154. Lámpara de cátodo hueco para absorción atómica [MFH sn].
- Figura 155. Fuente de chispa [MFH sn].
- Figura 156. Fuente de chispa [MFH sn].
- Figura 157. Tubos para descarga de gases enrarecidos [MFH sn].
- Figura 158. Tubos Fotomultiplicadores y fotosensibles.
- Figura 159. Fotomultiplicador [MFH sn].
- Figura 160. Espejos de laboratorio.
- Figura 161. Espejo ustorio [MFH sn].
- Figura 162. Binocular con brazo o estereoscopio Wheatstone [MFH 3814].
- Figura 163. Proyector de cuerpos opacos o estereoscopio Wheatstone [MFH 4094].
- Figura 164. Karl Kellner.
- Figura 165. Oscar Barnack, creador de la primera cámara de formato 35 mm.
- Figura 166. Proyector de cuerpos opacos o estereoscopio Wheatstone [MFH 3809].
- Figura 167. Platina de microscopio con diafragma [MFH 3807] y soporte de lente [MFH 3810].

Figura 168. Sistema de proyección para linterna de proyección [MFH 4138].

Figura 169. Lentes para un fotómetro de Sibermann [MFH sn].

Figura 170. Soporte de lente [MFH sn].

Figura 171. Diafragma de cortinilla [MFH sn].

Figura 172. Lentes de retardo [MFH sn].

Figura 173. Lente [MFH sn].

Figura 174. Generador de interferencias ópticas [MFH sn].

Figura 175. Micromanipulador Brinkman.

Figura 176. Micromanipulador, con pie articulado y porta lupa [MFH 3562].

Figura 177. Caja de micrómetro [MFH sn].

Figura 178. Microscopio compuesto.

Figura 179. Microscopio compuesto [MFH 893].

Figura 180. Microscopio tipo Cuff [MFH 1041].

Figura 181. Microscopio compuesto Adams [MFH 1042].

Figura 182. Microscopio tipo Cuff binocular [MFH 1043].

Figura 183. Microscopio inclinado de Nachet.

Figura 184. Microscopio inclinado de Nachet [MFH 1048].

Figura 185. Microscopio compuesto Culpeper [MFH 1251].

Figura 186. Microscopio de campo de Cuff [MFH 1320].

Figura 187. Cinco piezas de microscopio [MFH 1335].

Figura 188. Microscopio simple Gould [MFH 1355].

Figura 189. Microscopio óptico compuesto monocular [MFH 3529].

Figura 190. Objetivo de proyección [MFH 3796].

Figura 191. Ultramicroscopio cardiode.

Figura 192. Fuente de un ultramicroscopio cardiode [MFH 3815].

Figura 193. Microscopio simple para disección [MFH 4176].

Figura 194. Microscopio óptico compuesto monocular [MFH sn].

Figura 195. Microscopio óptico monocular [MFH sn].

Figura 196. Tubo de microscopio óptico simple monocular [MFH sn].

Figura 197. Micrómetro con estuche [MFH 3786].

- Figura 198. Jan Evangelista Purkyne, Purkinje (1787-1869).
- Figura 199. Rudolf Jung (1845-1900).
- Figura 200. Uno de los primeros microtomos, diseño de 1892.
- Figura 201. Edificio de la compañía Jung en Heidelberg, Hebelstraße.
- Figura 202. Microtomo de congelación [MFH 2998].
- Figura 203. Microtomo [MFH 4146].
- Figura 204. Objetivo de proyección de 400 mm [MFH 2999].
- Figura 205. Catetómetro o microteodolito [MFH sn].
- Figura 206. Goniómetro de Babinet.
- Figura 207. Goniómetro [MFH 2990].
- Figura 208. Goniómetro de contacto [MFH sn].
- Figura 209. Refractómetro de mano Zeiss.
- Figura 210. Antiguo refractómetro.
- Figura 211. Uno de los primeros diseños del refractómetro de Abbe.
- Figura 212. Refractómetro de Pulfrich.
- Figura 213. Antiguo diseño de refractómetro.
- Figura 214. Grabado con un refractómetro Zeiss.
- Figura 215. Grabado con el refractómetro original de Abbe.
- Figura 216. Ernst Abbe (1840-1905).
- Figura 217. Refractómetro de Abbe [MFH sn].
- Figura 218. Esquema del funcionamiento del refractómetro universal Féry.
- Figura 219. Refractómetro universal de M. R. Féry [MFH 2987].
- Figura 220. Diseño original del Refractómetro de Féry.
- Figura 221. Refractómetro de Féry o Refractómetro de Duboscq y Pellin [MFH 4092].
- Figura 222. Refractómetro de inmersión dentro de su baño.
- Figura 223. Refractómetro de inmersión [MFH 4689].
- Figura 224. Baño para refractómetro de inmersión Zeiss [MFH 3947].
- Figura 225. Refractómetro de inmersión, esquema.
- Figura 226. Refractómetro de inmersión [MFH sn].
- Figura 227. Refractómetro de inmersión [MFH sn].

- Figura 228. Patrones de refractometría [MFH sn].
- Figura 229. Baño para refractómetro de inmersión [MFH sn].
- Figura 230. Prisma óptico para estudiar acromatismo [MFH 1216].
- Figura 231. Prismas [MFH sn].
- Figura 232. Jean Baptiste Biot (1774-1862)
- Figura 233. Esquema del sacarímetro de Soleil.
- Figura 234. Sacarímetro de Soleil.
- Figura 235. Polarímetros.
- Figura 236. Polarímetro y su principio de funcionamiento.
- Figura 237. Ocular de un sacarímetro Steindorff & Co. Obsérvense los dos micrómetro de ajuste a ambos lados.
- Figura 238. Conjunto analizador - polarizador para polarímetro manual [MFH 3813].
- Figura 239. Esquema del sacarímetro de Biot.
- Figura 240. Sacarímetro de Biot.
- Figura 241. Sacarímetro o polarímetro de Biot [MFH 3519].
- Figura 242. Polarímetro de Lippich.
- Figura 243. Polarímetro de Lippich [MFH 3565].
- Figura 244. Esquema del polarímetro de Laurent.
- Figura 245. Sacarímetro de Laurent.
- Figura 246. Polarímetro de Laurent [MFH 3566].
- Figura 247. Dos polarímetros de Lippich: izquierda, Winkel-Zeiss; derecha, Leybold.
- Figura 248. Polarímetro de Lippich [MFH 4091].
- Figura 249. Polarímetro [MFH 4162].
- Figura 250. Grabado con un polarímetros de Laurent de la marca Schmidt & Haensch.
- Figura 251. Polarímetro de Laurent [MFH sn].
- Figura 252. Polarímetro vertical [MFH sn].
- Figura 253. Polarímetro de penumbra.
- Figura 254. Polarímetro de penumbra de la marca Steeg & Reuter.
- Figura 255. Polarímetro de penumbra [MFH sn].
- Figura 256. Polarímetro de Lippich [MFH sn].



- Figura 257. Polarímetro de Lippich [MFH sn].
- Figura 258. Tubo de polarímetro.
- Figura 259. Tubos de polarimetría [MFH sn].
- Figura 260. Pinzas de turmalina.
- Figura 261. Pinzas de turmalina [MFH 5940].
- Figura 262. Jules Duboscq (1817-1886).
- Figura 263. Esquema del fotocolorímetro Pulfrich.
- Figura 264. Fotocolorímetro Pulfrich.
- Figura 265. Fotocolorímetro Pulfrich [MFH 3943].
- Figura 266. Comparador hueco para reacciones colorimétricas.
- Figura 267. Comparador hueco para reacciones colorimétricas [MFH 2771].
- Figura 268. Colorímetro visual [MFH 3564].
- Figura 269. Espectrómetro.
- Figura 270. Espectrómetro [MFH sn].
- Figura 271. Espectroscopio de mano de visión directa o fotómetro de Mascart.
- Figura 272. Espectroscopio de mano de visión directa [MFH sn].
- Figura 273. Tubos de soluciones para colorimetría [MFH sn].
- Figura 274. Colorímetro para determinar glucemia [MFH sn].
- Figura 275. Colorímetro de Crescelius-Seifest.
- Figura 276. Xantoproteinómetro o colorímetro de Crescelius-Seifest [MFH sn].
- Figura 277. Hemómetro o colorímetro de Crescelius-Seifest [MFH sn].
- Figura 278. Fotómetro de Sibermann [MFH sn].
- Figura 279. Espectroscopio de tres brazos, el conocido como “de Bunsen y Kirchhoff”.
- Figura 280. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff, con un mechero Bunsen, en 1860.
- Figura 281. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff.
- Figura 281. Esquema óptico del espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff de 1860 .
- Figura 282. Gustav Robert Kirchhoff (izquierda) y Robert Wilhelm Eberhard Bunsen (derecha).
- Figura 283. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff.
- Figura 284. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH 2993].

- Figura 286. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH 2994].
- Figura 287. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff.
- Figura 288. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH sn].
- Figura 289. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff.
- Figura 290. Espectroscopio de Bunsen y Kirchhoff [MFH sn].
- Figura 291. Gradilla con tubos Nessler.
- Figura 292. Gradilla con tubos Nessler [MFH 7562].
- Figura 293. Gradilla con tubos Nessler [MFH 7563].
- Figura 294. Colorímetro [MFH 2775].
- Figura 295. Colorímetro de Duboscq de la marca Leitz.
- Figura 296. Esquema del colorímetro Duboscq.
- Figura 297. Colorímetro de Duboscq (cerrado) [MFH 2980].
- Figura 298. Colorímetro de Duboscq (abierto) [MFH 2980].
- Figura 299. Colorímetro Duboscq [MFH 3111].
- Figura 300. Esquema del colorímetro Duboscq fabricado por E. Leitz.
- Figura 301. Hemoglobinómetro de Burker - colorímetro Duboscq [MFH 4071], en su caja.
- Figura 302. Hemoglobinómetro de Bürker - colorímetro Duboscq [MFH 4071].
- Figura 303. Colorímetro de Duboscq [MFH 7564].
- Figura 304. Colorímetro de Duboscq o hemoglobinómetro de Bürker [MFH 7565].
- Figura 305. Colorímetro Duboscq de dos pisos – Hemoglobinómetro de Bürker.
- Figura 306. Esquema óptico del hemoglobinómetro de Bürker de dos pisos.
- Figura 307. Colorímetro de Duboscq de dos pisos o hemoglobinómetro de Bürker [MFH 7566].
- Figura 308. Colorímetro fotoeléctrico [MFH sn].
- Figura 309. Colorímetro fotoeléctrico [MFH 4070].
- Figura 310. Fotocolorímetro universal Lange y esquema del mismo.
- Figura 311. Fotocolorímetro universal [MFH sn].
- Figura 312. Fotocolorímetro [MFH 3418].
- Figura 313. Fotocolorímetro Mernick.
- Figura 314. Fotocolorímetro Mernick [MFH sn].

- Figura 315. Fotocolorímetro Mernick [MFH sn].
- Figura 316. Monocromador [MFH sn].
- Figura 317. Tubos de absorción [MFH sn].
- Figura 318. Tubos o cubetas de absorción.
- Figura 319. Tubos o cubetas de absorción [MFH sn].
- Figura 320. Cubetas de absorción.
- Figura 321. Dos cubetas de absorción [MFH sn].
- Figura 322. Tres pares de cubetas de absorción [MFH sn].
- Figura 323. Fotocolorímetro médico [MFH sn].
- Figura 324. Banco óptico para docencia [MFH sn].
- Figura 325. Soporte de cubetas para aparato óptico [MFH 3816].
- Figura 326. Fotómetro de llama Coleman.
- Figura 327. Fotómetros de llama Beckman.
- Figura 328. Fotómetro de llama [MFH sn].
- Figura 329. Fotómetro de llama Lange.
- Figura 330. Fotómetro de llama de Lange [MFH sn].
- Figura 331. Tubo de rayos X.
- Figura 332. William Crookes (1832-1919).
- Figura 333. Tubo de Crookes.
- Figura 334. Tubo de rayos catódicos o radiómetro eléctrico [MFH 4330].
- Figura 335. Tubo de rayos X contemporáneo.
- Figura 336. Tubo de rayos X tipo Coolidge [MFH sn].
- Figura 337. Tubo Coolidge [MFH sn].
- Figura 338. Aparato portátil de rayos X Sánchez [MFH sn].
- Figura 339. Tubo de rayos X o lámparas Röntgen.
- Figura 340. Tubo de rayos X [MFH sn].
- Figura 341. Lámparas de vacío para producir rayos X.
- Figura 342. Tubo de rayos X [MFH sn].
- Figura 343. Lámparas de vacío para producir rayos X.
- Figura 344. Tubo de Rayos X, modificado por Thompson [MFH sn].

- Figura 345. Tubo de Crookes.
- Figura 346. Tubo de Crookes [MFH sn].
- Figura 347. Contador de radiactividad [MFH 2774].
- Figura 348. Medidor radiométrico [MFH sn].
- Figura 349. Mecheros de Bunsen.
- Figura 350. Mecheros de Bunsen [MFH 3520].
- Figura 351. Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899).
- Figura 352. Veinticuatro mecheros de Bunsen [MFH 3818].
- Figura 353. Bomba calorimétrica [MFH sn].
- Figura 354. Picnómetros de Jaulmes con termómetro [MFH sn].
- Figura 355. Autoclaves.
- Figura 356. Autoclave [MFH 2996].
- Figura 357. Autoclave [MFH 3936].
- Figura 358. Autoclave [MFH sn].
- Figura 359. Autoclave doble.
- Figura 360. Autoclave [MFH sn].
- Figura 361. Autoclave [MFH sn].
- Figura 362. Hornillo calentador [MFH 1549].
- Figura 363. Hornillo de alcohol [MFH 3925].
- Figura 364. Hornillo calentador con crisol [MFH 1550].
- Figura 365. Dispositivo para calentar crisol [MFH 2447].
- Figura 366. Horno para cenizas [MFH 2612].
- Figura 367. Ebulloscopio de Melligand.
- Figura 368. Ebulloscopio de Melligand [MFH 2613].
- Figura 369. Diseño actual de un ebulloscopio de Melligand, en el laboratorio.
- Figura 370. Marmita de evaporación o baño de circulación [MFH 3396].
- Figura 371. Marmita de evaporación.
- Figura 372. Marmita de evaporación [MFH 3527].
- Figura 373. Marmita de evaporación.
- Figura 374. Mantas eléctricas [MFH 3551] [MFH 3806].

- Figura 375. Utilización de un embudo eléctrico en el laboratorio.
- Figura 376. Embudo eléctrico con cable y trípode [MFH 3552].
- Figura 377. Baño de agua [MFH sn].
- Figura 378. Baño de agua [MFH sn].
- Figura 379. Grabado donde se muestra una estufa de desecación.
- Figura 380. Estufa de desecación [MFH 4156].
- Figura 381. Estufa de desecación [MFH 4157].
- Figura 382. Estufa de desecación [MFH 4165].
- Figura 383. Estufa de desecación [MFH sn].
- Figura 384. Estufa de desecación [MFH sn].
- Figura 385. Estufa de desecación [MFH sn].
- Figura 386. Retorta para determinar puntos criogénicos.
- Figura 387. Aparato para determinar el punto 0°C.
- Figura 388. Aparato para determinar el punto 0°C [MFH sn].
- Figura 389. Vacuómetro de McLeod.
- Figura 390. Vacuómetro de McLeod, según Ubbelohde [MFH sn].
- Figura 391. Alambique de Gay-Lussac para ensayos con vinos.
- Figura 392. Alambique de Gay-Lussac para ensayos con vinos [MFH 2611].
- Figura 393. Alambique de Gay-Lussac para ensayos con vinos [MFH 4109].
- Figura 394. Alambique [MFH 3791].
- Figura 395. Dispositivo de decantación [MFH sn].
- Figura 396. Crisoles de vidrio filtrante de sílice [MFH sn].
- Figura 397. Filtro de sílice [MFH sn].
- Figura 398. Theodor Svedberg (1884-1971).
- Figura 399. Centrífuga [MFH sn].
- Figura 40. Retrato de Heinrich Daniel Ruhmkorff (1803-1877).
- Figura 400. Centrífuga de pie con coraza protectora.
- Figura 401. Centrífuga de pie con coraza protectora [MFH sn].
- Figura 402. Centrífuga [MFH sn].
- Figura 403. Tubo de centrífuga [MFH sn].

- Figura 404. Soporte de tubos de centrifuga [MFH sn].
- Figura 405. Nonio o “nonius”.
- Figura 406. Escalas [MFH 1493] y [MFH 2986].
- Figura 407. Reloj de pulsos [MFH sn].
- Figura 408. Relojes de laboratorio.
- Figura 409. Reloj avisador [MFH sn].
- Figura 410. Reloj avisador [MFH sn].
- Figura 411. Balanza de Roberval.
- Figura 412. Balanza analítica.
- Figura 413. Balanza de dos brazos.
- Figura 414. Balanza granatario.
- Figura 415. Balanza granatario con mueble de madera.
- Figura 416. Balanza mecánica de precisión.
- Figura 417. Balanza de dos platos.
- Figura 418. Balanzas monoplato de pesas corredizas.
- Figura 419. Balanza de mano [MFH 872].
- Figura 420. Balanza de mano [MFH 873].
- Figura 421. Balanza de mano [MFH 900].
- Figura 422. Balanza de mano [MFH 901].
- Figura 423. Balanza de mano [MFH 902].
- Figura 424. Balanza de mano [MFH 914].
- Figura 425. Balanza de mano [MFH 930].
- Figura 426. Balanza de mano [MFH 938].
- Figura 427. Caja para una balanza de mano [MFH 938].
- Figura 428. Balanza plegable para pesar papelillos [MFH 1032].
- Figura 429. Balanza de mano [MFH 1033].
- Figura 430. Balanza de mano [MFH 1331].
- Figura 431. Balanza de mano [MFH 1333].
- Figura 432. Balanza de mano [MFH 1350].
- Figura 433. Balanza de mano [MFH 2675].

- Figura 434. Balanza de mano [MFH 2803].
- Figura 435. Balanza de mano [MFH 3420].
- Figura 436. Balanza de mano [MFH 3421].
- Figura 437. Balanza de mano [MFH 1414].
- Figura 438. Balanza de mano [MFH 4329].
- Figura 439. Balanza de carga de laboratorio [MFH 1090].
- Figura 440. Balanza (granatario) [MFH 1373].
- Figura 441. Balanza (granatario) [MFH 2806].
- Figura 442. Balanza doble [MFH 2907].
- Figura 443. Balanza (granatario) [MFH sn].
- Figura 444. Balanza (granatario) [MFH sn].
- Figura 445. Balanza (granatario) [MFH sn].
- Figura 446. Balanza de Roberval (granatario) [MFH sn].
- Figura 447. Balanza de Roberval (granatario) [MFH 4898] y caja de pesas [MFH 4095].
- Figura 448. Balanza de precisión [MFH 1092].
- Figura 449. Balanza de precisión [MFH 1103].
- Figura 450. Balanza de precisión [MFH 1321].
- Figura 451. Balanza de precisión [MFH 2457].
- Figura 452. Balanza de precisión microquímica [MFH 4153].
- Figura 453. Henri-Prudent Gambey (1787-1847).
- Figura 454. Balanza de precisión de Gambey [MFH 7560].
- Figura 455. Balanza de precisión [MFH 3929].
- Figura 456. Balanza de precisión [MFH 3930].
- Figura 457. Balanza de precisión [MFH sn].
- Figura 458. Balanza de precisión [MFH sn].
- Figura 459. Balanza de precisión [MFH sn].
- Figura 460. Balanza de precisión [MFH sn].
- Figura 461. Microbalanza [MFH sn].
- Figura 462. Balanza de precisión de un solo platillo [MFH sn].
- Figura 463. Microbalanza de torsión Bang.

- Figura 464. Microbalanza de torsión de 500 mg [MFH sn].
- Figura 465. Balanza dosificadora de papelillos [MFH 1140].
- Figura 466. Diversos tipos de areómetros.
- Figura 467. Densímetro graduado.
- Figura 468. Densímetros graduados.
- Figura 469. Recipiente para estudiar densidad en cuerpos sólidos.
- Figura 470. Alcohómetros.
- Figura 471. Aerómetro de Nicholson.
- Figura 472. Aerómetro de Fahrenheit.
- Figura 473. Aerómetro de Nicholson utilizado como aerómetro de peso constante.
- Figura 474. Aerómetro de Baumé.
- Figura 475. alcohómetro de Gay-Lussac.
- Figura 476. Grabado que muestra un alcohómetro en un ensayo.
- Figura 477. Cinco alcohómetros Gay-Lussac [MFH 3113].
- Figura 478. Tres alcohómetros, más probeta [MFH 3114].
- Figura 479. Densímetro o hidrómetro [MFH sn].
- Figura 480. Alcohómetro [MFH 4112].
- Figura 481. Dos alcohómetros [MFH 993].
- Figura 482. Alcohómetros con probeta [MFH sn].
- Figura 483. Alcohómetro centesimal de Gay-Lussac [MFH sn].
- Figura 484. Determinación con un areógrafo de Nicholson.
- Figura 485. Areógrafo de Nicholson [MFH 988].
- Figura 486. Aerómetro para estudios de densidad de cuerpos sólidos [MFH 994].
- Figura 487. Aerómetro de Baumé y Cartier [MFH sn].
- Figura 488. Diferentes tipos de balanzas hidrostáticas.
- Figura 489. Balanza hidrostática.
- Figura 490. Balanza hidrostática.
- Figura 491. Balanza hidrostática [MFH 076].
- Figura 492. Balanza hidrostática [MFH sn].
- Figura 493. Balanza hidrostática de Wesphal.



- Figura 494. Balanza de Wesphal [MFH 3804].
- Figura 495. Balanza de Wesphal.
- Figura 496. Balanza de Wesphal [MFH 3805].
- Figura 497. Balanza de Wesphal [MFH sn].
- Figura 498. Recipiente para estudios densidad en líquidos, accesorio de una balanza hidrostática.
- Figura 499. Accesorio de balanza hidrostática [MFH sn].
- Figura 500. Balanza de Wesphal [MFH sn].
- Figura 501. Detalle: sonda de la anterior balanza de Wesphal [MFH sn].
- Figura 502. Recipiente para estudiar densidad en cuerpos sólidos [MFH 995].
- Figura 503. Areómetro o densímetro de Paquet.
- Figura 504. Areómetro o densímetro de Paquet [MFH 996].
- Figura 505. Cinco densímetros [MFH 3112].
- Figura 506. Densímetro (Aparato de Granier) [MFH 3829].
- Figura 507. Picnómetro de líquidos [MFH sn].
- Figura 508. Diferentes tipos de termómetros.
- Figura 509. Clásico termómetro de mercurio.
- Figura 510. Calorímetro de Berthelot [MFH 4163].
- Figura 511. Matraces de un termóforo [MFH sn].
- Figura 512. Un termógrafo realizando determinaciones en el laboratorio.
- Figura 513. Termógrafo de Richard.
- Figura 514. Termógrafo de Richard [MFH sn].
- Figura 515. Termógrafo de Richard [MFH sn].
- Figura 516. Psicrómetro.
- Figura 517. Psicrómetro [MFH 3414].
- Figura 518. Galileo Galilei.
- Figura 519. Termómetro de Réaumur [MFH sn].
- Figura 520. Ocho termómetros de referencia [MFH sn].
- Figura 521. Principio del funcionamiento del termómetro de comparación de Beck-man.
- Figura 522. Termómetro de comparación de Beckman [MFH 3817].

- Figura 523. Termómetro de comparación de Beckman [MFH sn].
- Figura 524. Detalle de anterior [MFH sn].
- Figura 525. Termómetro de comparación de Beckman [MFH sn].
- Figura 526. Detalle de anterior [MFH sn].
- Figura 527. Termómetros tipo Baudin para calorimetría [MFH sn].
- Figura 528. Refrigerante de vidrio [MFH sn].
- Figura 529. Refrigerante cerámico [MFH sn].
- Figura 530. John Frederic Daniell (1790-1845).
- Figura 531. Higrómetro de Daniell.
- Figura 532. Higrómetro de Daniell [MFH 989].
- Figura 533. Experimentos con un higrómetro de Regnault.
- Figura 534. Higrómetro de Regnault [MFH 3072].
- Figura 535. Higrómetro de evaporación [MFH 3913].
- Figura 536. Higrómetro químico [MFH sn].
- Figura 537. Higrómetro de punto de rocío o de condensación [MFH sn].
- Figura 538. Manómetros.
- Figura 540. Manómetro [MFH 3530].
- Figura 541. Manómetro [MFH 3928].
- Figura 542. Anillo de DuNouy.
- Figura 543. Placa de Wilhelmy.
- Figura 544. Tensiómetro de Nouy.
- Figura 545. Tensiómetro de Nouy.
- Figura 546. Picnómetro de sólidos [MFH sn].
- Figura 547. Tensiómetro de Nouy [MFH 4069].
- Figura 548. Frasco para medir viscosidad [MFH sn].
- Figura 549. Frasco colector para viscosímetro Engler [MFH sn].
- Figura 550. Aparato de doble refracción Duboscq y Pellin.
- Figura 551. Viscosímetro (aparato doble refracción Duboscq y Pellin) [MFH sn].
- Figura 552. Viscosímetro de Oswald modificado [MFH sn].
- Figura 553. Viscosímetro para sangre Hellige [MFH sn].

- Figura 554. Reómetro [MFH sn].
- Figura 555. Soporte [MFH 3932].
- Figura 556. Soporte de madera para disoluciones [MFH sn].
- Figura 557. Prisma de aceite.
- Figura 558. Prisma de aceite [MFH sn].
- Figura 559. Recipiente [MFH sn].
- Figura 560. Crisol de grafito con tapa.
- Figura 561. Crisol de grafito “Salamander”.
- Figura 562. Distintos modelos de crisoles.
- Figura 563. Crisol de Gooch.
- Figura 564. Crisol para fundir acero.
- Figura 565. Dos crisoles cerámicos de Gooch [MFH sn].
- Figura 566. Estativo [MFH 5413].
- Figura 567. Dos estativos para seis tubos [MFH sn].
- Figura 568. Matraz Erlenmeyer con tapón esmeril canulado para contar gotas [MFH 3417].
- Figura 569. Emil Erlenmeyer (1825-1909).
- Figura 570. Dos matraces Erlenmeyer [MFH sn].
- Figura 571. Dos matraces Erlenmeyer con tubo en U lateral [MFH sn].
- Figura 572. Tubo para líquidos fluorescentes [MFH sn].
- Figura 573. Embudo de vidrio ámbar, filtrante [MFH sn].
- Figura 574. Dos embudos [MFH sn].
- Figura 575. Vaso recto [MFH sn].
- Figura 576. Dos vasos de laboratorio [MFH sn].
- Figura 577. Navecilla [MFH sn].
- Figura 578. Tubo de ensayo para aplicaciones especiales [MFH sn].
- Figura 579. Aparato para ocluir tubos de pomadas [MFH 3392].
- Figura 580. Aparato para hacer sellos en seco [MFH 1215].
- Figura 581. Taladrapones de Hegershoff.
- Figura 582. Taladrapones de Hegershoff [MFH 2972].
- Figura 583. Prensacorchos (ablandacorchos).

- Figura 584. Prensacorchos (ablandacorchos) [MFH 2989].
- Figura 585. Prensatapones de tipo rueda.
- Figura 586. Prensatapones de rueda (ablandatapones) [MFH 3409].
- Figura 587. Prensatapones.
- Figura 588. Prensatapones [MFH 3410].
- Figura 589. Prensacorchos [MFH 4268].
- Figura 590. Rielera para barritas de  $\text{NO}_3\text{Ag}$  [MFH 3424].
- Figura 591. Molinos.
- Figura 592. Molino [MFH 2621].
- Figura 593. Prensa.
- Figura 594. Prensa [MFH 1548].
- Figura 595. Prensa [MFH 3919].
- Figura 596. Dispensador gota a gota [MFH 3423].
- Figura 597. Torbern Bergman (1735-1784).
- Figura 598. Joseph Priestley (1733-1804), caricatura de la época.
- Figura 599. Sifón de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica [MFH 3034].
- Figura 600. Sifón de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica [MFH 3036].
- Figura 601. Sifón de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica [MFH sn].
- Figura 602. Aparato de inhalaciones de Dampf [MFH 7561].
- Figura 603. Recipiente para purificar gases [MFH sn].
- Figura 604. Frascos para gases [MFH sn].
- Figura 605. Tubo de difusión de gases en líquidos [MFH sn].
- Figura 606. Aparato de Kipp.
- Figura 607. Aparato de Kipp [MFH 3880].
- Figura 608. Aparato de Kipp [MFH 3881].
- Figura 609. Aparato de Kipp [MFH sn].
- Figura 610. Cámara fotográfica para radiografías [MFH 3531].
- Figura 611. Cámara fotográfica para radiografías.
- Figura 612. Cámara fotográfica para radiografías [MFH 3795].
- Figura 613. Cámara fotográfica [MFH sn].

- Figura 614. Cámara fotográfica [MFH sn].
- Figura 615. Apertómetro manual con ocular en estuche para fotografía [MFH 3573].
- Figura 616. Fotómetro manual para fotografía [MFH sn].
- Figura 617. Máquina de revelar fotografías “codascope” [MFH 4171].
- Figura 618. Secador de películas espirales de 35 mm [MFH 4175].
- Figura 619. Aparato para visualizar microfilmes [MFH sn].
- Figura 620. Prisma y soporte, para cámara oscura [MFH sn].
- Figura 621. Accesorios de cámara fotográfica ajustables a un verascope [MFH 3563].
- Figura 622. Placa de pórfido y plancha para pomadas oculares [MFH 1078].
- Figura 623. Pildorero, peine y magdaleón [MFH 1487].
- Figura 624. Pildorero [MFH 1551].
- Figura 625. Pildorero y magdaleón [MFH 3028].
- Figura 626. Pildorero, peine y magdaleón [MFH 3390].
- Figura 627. Pildorero, peine y magdaleón [MFH 3397].
- Figura 628. Planchas para alisar cremas o para rodar magdaleones [MFH 3023] [MFH 3404] [MFH 3405].
- Figura 629. Grageadora para dorar o platear píldoras [MFH 106].
- Figura 630. Copa grageadora [MFH 173].
- Figura 631. Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 141].
- Figura 632. Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 148].
- Figura 633. Dispositivo para llenar cápsulas amiláceas [MFH 1488].
- Figura 634. Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 2940].
- Figura 635. Dispositivo para preparar cápsulas [MFH 2942].
- Figura 636. Cinco dosificadores de cápsulas [MFH 3003] [MFH 3004] [MFH 3082] [MFH 3399] [MFH 140].
- Figura 637. Aparato para preparar y llenar cápsulas [MFH 3022].
- Figura 638. Dispositivo para preparar pastillas de goma [MFH 3400].
- Figura 639. Dispositivo para preparar cápsulas [MFH sn].
- Figura 640. Pildorero o aparato para preparar píldoras industrialmente [MFH 3398].

- Figura 641. Aparato de Limousin o caja para preparación cápsulas medicamentosas [MFH 2948].
- Figura 642. Dos moldes para hacer seis supositorios [MFH 3394].
- Figura 643. Dosificadora [MFH 1030].
- Figura 644. Recipiente para dispensar fármacos en pequeñas cantidades [MFH 3832].
- Figura 645. Recipiente para rodar píldoras [MFH 2827].
- Figura 646. Recipiente de reactivos con doble tapadera [MFH 1068].
- Figura 647. Recipiente de reactivos para agua destilada esterilizada [MFH 1524].
- Figura 648. Recipiente de reactivos para agua destilada esterilizada [MFH 1525].
- Figura 649. Vaso hermético para medicamentos [MFH 3415].
- Figura 650. Inyector mecánico para dosificador de polvos [MFH 2947].
- Figura 651. Inyector de pistón móvil [MFH 2957].
- Figura 652. Adaptador para inyector de pistón móvil [MFH sn].
- Figura 653. Cuatro clísteres para enemas [MFH 2895] [MFH 2884] [MFH 2790] [MFH 2894].
- Figura 654. Aparato para dosificar contenidos líquidos en cápsulas [MFH 3007].
- Figura 655. Dispositivo para transportar líquidos biológicos [MFH 3011].
- Figura 656. Llave reguladora de dos vías para fluidos [MFH sn].
- Figura 657. Llave reguladora de dos vías para fluidos [MFH sn].
- Figura 658. Cono de verascopio [MFH 3802].
- Figura 659. Ureómetro de Erhach [MFH 1100].
- Figura 660. Regulador de gas [MFH 1012].
- Figura 661. Máquina para marcar números y caracteres taladrados [MFH 2958].
- Figura 662. Compresor atmosférico [MFH 3922].
- Figura 663. Maletín de campo de Edafología [MFH 1343].
- Figura 664. Dos maletines de Edafología [MFH 1343].
- Figura 665. Aparato para observar precipitación [MFH sn].
- Figura 666. Pantógrafo de Abbe [MFH sn].
- Figura 667. Esferas de Lieja [MFH sn].



## APÉNDICE: COLECCIONES HISTÓRICAS DE INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS EN TODO EL MUNDO<sup>400</sup>

### ALEMANIA

Museo Alemán, Munich.

Instituto de Descubrimientos Árabe-Islámicos, Frankfurt.

Museo de Instrumentos Ópticos (Colección Privada), Karlsruhe.

Museo de Óptica Ernst Abbe, Jena.

Museo de Optica, Bad Dürkheim.

Museo de Física, Berlin.

Museo instrumental y de telescopios de Hamburgo, Hamburgo.

### ARGENTINA

Museo de Física, Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

Museo Tecnológico “Ingeniero Eduardo Latzina”, Buenos Aires.

### AUSTRALIA

Museo de Física de la Universidad de Queensly, St. Lucia.

Museo Macleay de Instrumentos Científicos, Sydney.

Museo Powerhouse, Sydney.

### AUSTRIA

Abtei Gymnasium Seckau, Steiermark.

Sternwarte Kremsmünster, Kremsmünster.

Stiftsgymnasium PhysikMuseum, Melk.

---

<sup>400</sup> SPRONSEN, JAN W. VAN. *Guide of european museums with collections on history of chemistry and of pharmacy*. Antwerp: Federation of European Chemical Societies, 1998.



## BÉLGICA

Colección de Instrumentos Científicos Históricos de la ciudad de Antwerp, Antwerp.

Exhibición de 150 instrumentos antiguos, Universidad de Antwerp, Antwerp.

Instrumentos Telegráficos de Europa - Colección Fons Vyten Bergen.

## BRASIL

Máquinas electrostáticas y de alto voltaje, Río de Janeiro.

## CANADA

Museo Nacional de Ciencia y Tecnología, Ottawa.

Museo Stewart - Instrumentos Científicos del abad Nollet, Montreal.

Colección del Gabinete de Física del Seminario de Québec, Québec.

Museo de Instrumento de Fisiología de la Universidad de Toronto, Toronto.

Museo de Instrumento Científicos de la Universidad de Toronto, Toronto.

Museo histórico Argenteuil, Carillon.

Museo Pierre-Boucher, Trois-Rivières.

Museo de la América francesa, del Museo de la civilización, Québec.

Museo McCord de historia canadiense, Montreal.

Museo de Bellas Artes de Montréal, Montreal.

Museo Stewart, Montreal.

Museo Canadiense de las Civilizaciones, Hull.

Museo de los Jesuitas, Sillery.

## CHEQUIA

Museo Nacional Técnico, Praga.

## CHINA

Instrumentos de Astronomía en el Antiguo Observatorio de Beijing, Beijing.

## DINAMARCA

Museo del Teléfono, Hellerup.

## ESPAÑA

Museo Nacional de Ciencia y Tecnología, Madrid.

Museo del Microscopio - Universidad de Salamanca, Salamanca.

Museo de la Farmacia Hispana, Facultad de Farmacia, Madrid.

Museo de la Farmacia Catalana, Facultad de Farmacia, Barcelona.

## ESTADOS UNIDOS

Biblioteca Bakken y Museo, Minneapolis.

Museo Yale Peabody, New Haven.

La Colección Harvard de Instrumentos Científicos, Boston.

Museo de Instrumentos Científicos, Departamento de Física y Astronomía, Michigan

Colección de Microscopios Históricos, Universidad de Texas, Galveston, Texas.

Antigua Sociedad Telescópica, Wallingford.

Museo Thomas Perera, Universidad del Estado de Montclair, Upper Montclair, New Jersey.

Museo de la Historia de la Instrumentación Fisiológica, Upper Montclair, New Jersey.

Colección Millington-Barnard de la Universidad de Mississippi, Oxford.

Museo y Planetario Adler, Chicago.

Universidad de Transilvania, Museo de Aparatos Científicos y Médicos, Lexington.

Instrumentos Científicos del Instituto de Tecnología de California, Pasadena.

Instrumentos Científicos, Heritage de the Williston Northampton School, Easthampton.

Universidad de Humboldt, Arcata, California.

Instrumentos Fisiológicos del Barnard College, New York.

Museo de Microscopía de la Universidad del Estado de Florida, Tallahassee, Florida.

Museo de Instrumentos Científicos y de Radio (Colección Privada), Seattle.

Museo Edison, Bryon, Florida.

Grinnell College, Museo histórico de Física, Grinnell, Iowa.

Institución Smithsonian, Washington

Universidad de Vermont, Departamento de Física: Antiguos Aparatos, Burlington.  
Antiguos Instrumentos Científicos en el Union College, Schenectady, New York  
Universidad de Nebraska, Galería de Instrumentos históricos científicos, Lincoln.

#### ESTONIA

Museo de Tartu, Universidad de Historia, Tartu.

#### FINLANDIA

Múseo Marítimo Åly, Mariehamn.  
Museo de la Universidad de Helsinki, Gabinete de Física, Helsinki.

#### FRANCIA

Museo de las Artes y Oficios, Paris.  
Catálogo General de Instrumentos Científicos, París.  
Álbum de Instrumentos Científicos, París.  
Escuela Politécnica, Palacio Cedex, París.  
Colección de Antiguos Objetos Científicos.  
Museo de Sismología y Magnetismo Terrestre, Universidad Louis Pasteur, Estrasburgo.  
Museo de la Ciencia Física (colección privada), Autun.  
Observatorio de Lyon, Lyon.  
Observatorio de Camille Flammarion, Juvisy sur Orge.  
Museo Científico del Liceo Louis-le-Gry, Paris.  
Museo de Périgord, Colección Francis Gires, Périgueux.  
Lycée Alain Fournier - Museo Sigaud de Lafond, Bourges.  
Lycée Pothier - Cabinet de Physique, Orleáns.  
Le Museo de l'Instrumentation Optique, Biesheim.  
Antiguos instrumentos del Observatorio de Marseille, Marseille.

#### GRAN BRETAÑA

Museo de la Ciencia, Londres.

Museo de la Historia de la Ciencia, Oxford.

Museo de la Ciencia e Industria, Manchester.

Instrumentos históricos del Observatorio Armagh, Armagh, Irlanda del Norte.

Selección de Instrumentos Científicos de la Univ. de Dundee, Dundee, Escocia.

Alquimia y Astrofísica, St Yreus, Escocia.

Colección Filosofía Natural de la Universidad de Aberdeen, Aberdeen, Escocia.

Museo de la Historia de la Ciencia, Oxford.

Museo Británico, Londres.

Museo Marconi, Chelmsford.

## GRECIA

Archivos Griegos de Instrumentos Científicos, Atenas.

## HUNGRÍA

Colección Histórica del Observatorio Gothard, Colección de Instrumentos Científicos y Técnicos, Szombathely.

## INDIA

Instrumentos de Astronomía del Observatorio de Jaipur, Faridabad.

## IRLANDA

El Gran Telescopio de 1845 del Castillo Demesne, Birr.

## ITALIA

### Universidades

Museo del Laboratorio de Física de Instrumentos Científicos, Urbino.

Museo de Historia de la Universidad de Pavia, Sección de Física, Pavia.

Gabinete de Física de Volta, Como.

Gabinete de Física de la Universidad Alessandria.

Instrumentos Antiguos del Instituto de Física de Nápoles, Nápoles.

Antiguos Instrumentos del Departamento de Física de Catania, Catania.  
Departamento Física, Centro Conservación y Estudio de los Instrumentos Científicos, Pisa.  
Centro Universitario, antiguo patrimonio científico sienés, Siena.  
“Museo della Specola” Universidad de Bolonia, Bolonia.  
Museo de Física de la Universidad de Bolonia, Bolonia.  
Museo de Radiología, Universidad de Palermo, Palermo.  
Museo Astronómico y Geofísico de la Universidad de Módena, Módena.  
Museo de Física de la Universidad de Perugia, Perugia.  
Archivo Científico Tecnológico, Universidad de Turín, Turín.  
Museo de Física - Universidad “La Sapienza”, Roma.  
Museo de Física y de sus instrumentos, Universidad de Cagliari, Cagliari.  
Museo del Departamento de Física, Universidad de Génova, Génova.  
Colección Histórico-Científica del Departamento de Física, Universidad de Bari, Bari.  
Museo de Física de la Universidad de Turín, Turín.  
Universidad de Padua, Padua.

#### Observatorios

Instrumentos históricos del Observatorio Astronómico de Brera, Milán.  
Observatorio Astronómico, Roma.  
Museo de Monte Mario.  
Museo de Monteporzio, Monteporzio Catone.  
Observatorio Vesuviano, Nápoles.  
Museo del Observatorio Astronómico de Capodimonte, Nápoles.  
Instrumentos Históricos del Observatorio Astronómico de Cagliari, Capoterra.  
Museo del Observatorio Astronómico “Vincenzo Cerulli”, Collurania (Teramo).  
Observatorio Astronómico “Serafino Zani”, Brescia.  
Instrumentos del Observatorio Astrofísico, Catania.  
Instrumentos del Observatorio Astronómico “Giuseppe S. Vaiana”, Palermo.  
Observatorio Astronómico de Padua - Museo La Specola, Padua.

#### Instituciones y Organizaciones

Instituto y Museo de Historia de la Ciencia, Florencia.

Gabinete de Física y Mecánica de la “Fundación Ciencia y Técnica”, Florencia.

Fundación Galileo Galilei, Universidad de Pisa, Pisa.

Museo de la Sociedad Torricelliana de Ciencia y Letras, Faenza.

IEN Galileo Ferraris, Museo de Instrumentos Eléctricos, Turín.

Fundación Guglielmo Marconi, Pontecchio Marconi, Bolonia.

Instrumentos Científicos de Alessandro Volta, Como.

Ciudad de la Ciencia - Fundación IDIS, Nápoles.

Museo Nacional del Cine, Turín.

Museo Politécnico de Turín, Turín.

Museo-Archivo, Politécnico de Milán, Milán.

Instrumentos Científicos del Museo Cívico de Arte de Modena, Modena.

Museo de la Historia de la Ciencia, Florencia.

Museo del Patrimonio Industrial, Bolonia.

Instrumentos Científicos “Domus Galilaeana”, Pisa.

Colección histórica de Instrumentos de Física “Pier Crescenzi”, Bolonia.

Antiguos Instrumentos fotográficos de los estudios Negri, Brescia.

#### Escuelas

Instituto Técnico “G. Pezzullo”, Cosenza.

Museo Didáctico Científico del “Conservatorio delle Montalve alla Quiete”, Florencia.

Ciencia y Técnica en Lombardía, Como.

Liceo Clásico “Alessandro Volta”, Como.

Museo de antiguos Instrumentos científicos “Francesco Carrara”, Lucca.

Colección de Instrumentos Científicos y Topográficos “L. Nottolini”, Lucca.

Antiguos Instrumentos de las escuelas “Leonardo da Vinci” y “Vittoria Colonna”, Roma.

Instrumentos Histórico-Científicos del Liceo Classico “Cagnazzi”, Altamura (Bari).

Museo de los Instrumentos Científicos del Liceo-Gimnasio “L. Galvani”, Bolonia.

Antiguos Instrumentos Topográficos del Instituto Técnico “C. Rondani”, Parma.

Museo de Física - Instituto Magistraln Estatal “G. Carducci”, Trieste.

Museo de Física - Liceo Científico “L. Laurana” e Instituto Magistral “B. Baldi”, Urbino.

Instrumentos del Instituto Técnico Comercial “Victor Manuel II”, Génova.

El antiguo Gabinete de Física del Liceo “Dante”, Florencia.

Museo de Física de Venecia, Liceo “Foscarini”, Venecia.

Instituto Profesional de Industria “L. da Vinci” - Museo de Instrumentos, Florencia.

Gabinete de Física Tecnológica de los siglos XVIII-XIX, Pistoia.

#### Otros

Catedral de Santa Maria del Fiore, Florencia.

Meridiana de Santa Maria de los Ángeles, Roma.

Meridiana de San Petronio, Bolonia.

Meridiana de San Nicolás dell'Abbazia, Catania.

Meridiana de San Giuseppe, Brescia.

#### JAPON

Museo General Teishin, Tokio.

#### LUXEMBURGO

Museo de instrumentos de física del Liceo de muchachos de Luxemburgo, Luxemburgo.

#### HOLANDA

Museo Teylers, Haarlem.

Museo Boerhaave, Leiden.

Museo popular de la Ciencia, La Haya.

Museo Técnico de la Universidad de Delft, Delft.

Colección Natuurwetenschappelijke Instrumenten, Universidad de Utrecht, Utrecht.

Museo del Mar, Islas de la Madeleine, Pointe Shea, Havre-Aubert.

#### POLONIA

Collegium Maius, Cracovia.

#### PORTUGAL

Museo de Física de la Universidad de Coimbra, Coimbra.

Fundación Mario Soares, Instrumentos Científicos, Lisboa.

## RUSIA

Museo Lomonosov, San Petersburgo.

## SUECIA

Instrumentos del Observatorio Celsius, Uppsala.

## SUIZA

Instrumentos Científicos Geissbuehler, Colección Privada.

## YUGOSLAVIA

Museo Nikola Tesla, Belgrado.





























**APÉNDICE: CUADRO CLASIFICATORIO DE  
TODOS LOS APARATOS DEL CATÁLOGO DE  
LA COLECCIÓN HISTÓRICA DE INSTRU-  
MENTOS CIENTÍFICOS DEL MUSEO DE LA  
FARMACIA HISPANA DE LA FACULTAD DE  
FARMACIA DE MADRID (UNIVERSIDAD  
COMPLUTENSE)**





Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
1. Fuentes de energía eléctrica	Máquina de Wimhurst	sn	001			Max Kohl AG Chemnitz					46,8	39,9	28,1	madera, metal, vidrio	bueno, algunos sectores desgastados, necesita limpieza	
1. Fuentes de energía eléctrica	Máquina magneto-eléctrica de Clarke	3808	101								44,0	29,0	33,0	madera, bobinas metálicas	bueno, gira	
1. Fuentes de energía eléctrica	Recipiente para estudiar electrostática	1089	301		0 a 90 (relativo)						13,5	18,5	25,0	madera, vidrio, fieltro, metal-latón, papel a plumilla	bueno, no puede accionarse palanca, está atorada	Procede de la cátedra de Técnica-Física
1. Fuentes de energía eléctrica	Transformador eléctrico	3920	030		65-150 V ó 65 a 160 V	Regicon					27,0	19,8	21,6	metal, carcasa cartón piedra, visor cristal	bueno	
1. Fuentes de energía eléctrica	Elevador - reductor	3921	044		capacidad 4000 W, tensión 90/220, salida 125/220 V	Hicer					41,0	28,0	32,0	metal	bueno, parcialmente oxidado, requiere limpieza	Fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 1034457
1. Fuentes de energía eléctrica	Pulsador eléctrico para un arco voltaico	sn	292								4,2	5,6	8,9	metal	muy poco oxidado	Donación del farmacéutico D. José Ubeda
1. Fuentes de energía eléctrica	Electroscopio Elster y Geitel	4154	077			D.R.G.M.								metal, visores vidrio		
1. Fuentes de energía eléctrica	Elektroskop (fontantoscopio)	4110	081			Guntner & Tegetmeyer	Braunschweig, Hölenstrasse 12		2257		64,0	48,0	42,7			
2. Instrumentos de medida eléctrica	Amperímetro (aparato de Ampère)	4212	035		medida 100 uA, 850 ohm, escala 0 a 100	F. Hellige, Freiburg, Germany	Freiburg		1167034		15,5	40,0	13,4	metal, visor vidrio		
2. Instrumentos de medida eléctrica	Amperímetro (aparato de Ampère)	sn	411		0 a 120 A, ± 20 A	Dr. Bender & Dr. Hobein	Munchen - Zurich		32886	M. Alvarez, material científico. Mayor 76. Madrid	34,8	31,9	18,7	carcasa madera, visor cristal, maquinaria metálica	estado bueno, aguja se mueve	
2. Instrumentos de medida eléctrica	Amperímetro (aparato de Ampère)	sn	412		0 a 10 A, ± 1 A	Dr. Bender & Dr. Hobein	Munchen - Zurich		32885	M. Alvarez, material científico. Mayor 76. Madrid	34,8	31,9	18,7	carcasa madera, visor cristal, maquinaria metálica	estado bueno, aguja se mueve	
2. Instrumentos de medida eléctrica	Mavómetro medidas intensidad (amperímetro)	sn	266													










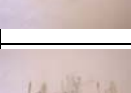


Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
2. Instrumentos de medida eléctrica	Carrete de Ruhmkorff	sn	241			Arthur Pfeiffer werkstätten für wissenschaftliche apparate	Weztar Lahn				27,0	46,2	25,0	soporte madera, metal envuelve bobina, atada con cuerda, cartón, vasija cristal	algo oxidado, madera necesita restauración	
2. Instrumentos de medida eléctrica	Carrete de Ruhmkorff	sn	242			Max Kohl a.g. werkstätten für präzisionsmechanik chemnitz i.s.			4735		24,5	42,5	24,9	soporte madera, metal envuelve bobina, atada con cuerda, cartón, vasija cristal	algo oxidado, madera necesita restauración	
2. Instrumentos de medida eléctrica	Carrete de Ruhmkorff	sn	244			induktions apparat für gemischten strom					3,4	12,2	6,6	soporte madera, metal envuelve bobina, atada con cuerda, cartón, vasija cristal	bueno	
2. Instrumentos de medida eléctrica	Carrete de Ruhmkorff	sn	245						679		20,1	27,2	15,0	soporte madera, metal envuelve bobina, atada con cuerda, cartón, vasija cristal	bueno	
2. Instrumentos de medida eléctrica	Galvanómetro	sn	115		0 a 2,5A, $\pm 0,05A$	J. Dalmau Montero. Madrid, Barcelona	Madrid, Barcelona		22705		29,5	15,3	26,6	base de madera, ventana de cristal, maquinaria metálica	bueno, se mueve la aguja	
2. Instrumentos de medida eléctrica	Galvanómetro	sn	254		escala 0 a 20 Amperios						23,5	12,4	24,9	madera, cristal, metal, bornes cerámicos	sucio por dentro, oxidado	
2. Instrumentos de medida eléctrica	Galvanómetro de Kelvin	sn	236								43,0	25,5	16,5	metal, bobinas de cobre recubiertas por capa roja de polímero o similar	bueno	
2. Instrumentos de medida eléctrica	Imán	1021	303								10,2	11,5	7,4	metal	bueno, muy poco oxidado, tiene residuos salinos en los conectores	Procede del Colegio de San Fernando
2. Instrumentos de medida eléctrica	Resistencia de cursor	3927	023		60 ohmios, 5 amperios				R52759		14,0	45,0	13,5	metalica, soporte madera	bueno, oxidado aunque repintado	
2. Instrumentos de medida eléctrica	Resistencia de cursor	4145	051								12,1	41,2	8,1	metal	bueno, oxidado aunque corre	
2. Instrumentos de medida eléctrica	Resistencia para Shunt	sn	219								8,0	12,0	5,0	carcasa madera, metal, frontal madera	oxidado, requiere pintura	
2. Instrumentos de medida eléctrica	Caja de resistencias de bornes	sn	243		bornes de 500, 100,200,300,400	Talleres Eron	Feliu Casanova, 13, Barcelona (Sans), telef. 32627				9,1	20,1	7,3	caja madera, bornes metálicos y cerámicos		













Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
2. Instrumentos de medida eléctrica	Caja de resistencias de bornes	sn	253		16 posiciones: 1,2,3,5,50,20,20,10,100,200,200,500,1000,2000,2000,5000						11,0	19,6	19,6	madera, metal, cerámico bornes	se ha perdido la tapa de madera superior	
2. Instrumentos de medida eléctrica	Resistencia de bornes	sn	327		0,1-0,4 y 10.000-40.000 ohm, 1,5-0.008 Amperios	Hartmann & Braun A. G.	Frankfurt		14604		13,2	19,8	8,8	caja para poner 6 resistencias, madera, metal, cartón frontal con indicaciones	excelente	
2. Instrumentos de medida eléctrica	Resistencia múltiple de bornes	sn	328			Casa Aramburo Constructores	Madrid				9,5	35,1	25,0	caja madera, 7 bornes, 2 conectores red, 2 conectores circuito, selector resistencias central	muy bueno	
2. Instrumentos de medida eléctrica	Reostato	sn	420		$\Omega$ 110 / 220 V, A 1 / 50 PS	A.R.			35036		8,8	18,8	5,8	metálico, conectores cerámicos		
2. Instrumentos de medida eléctrica	Voltímetro electrónico	sn	263		0 200 kiloohmios	LMB, Laboratorio de Metrología Barcelona	Barcelona		35945		27,0	15,2	11,2	metal. Visor vidrio	bueno	
3. Circuitos e instrumentos electrónicos	Oscilógrafo	sn	262			Matsushita Communication Industrial Co. Ltd	Japón				22,5	15,0	41,0			
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Tubo de descarga	sn	333								15,1	1,2	1,2	vidrio, corcho, láminas finas metálicas		
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Pila seca	1046	304								23,0	8,0	8,0	metal, vidrio, interior?	oxidado	Perteneció a Universidad Central de Madrid, Facultad de Farmacia, departamento de Química Orgánica
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Pila de Latimer Clark de 4V	sn	166			F. H. Hellige & Co	Freiburg				11,5	9,9	6,8	soporte madera, tubos vidrio, tapones goma, hilos platino, bornes cerámica, abrazadera metálica	muy bueno, faltan las soluciones internas	
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Pila de dicromato potásico	980	306								25,0	12,5	12,5	componente interno metal poroso - tubo hueco y otros dos. Vidrio, metal	placas electrodos convergentes impiden sacar bien lo del centro	Procede del Lab de Técnica Física
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Pila de dicromato potásico	1023	307								30,2	12,3	12,3	componente interno metal poroso - tubo hueco y otros dos. Vidrio, metal	parcialmente oxidado	
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Pila de dicromato potásico	2619	307	no hice foto por estar roto y podía termiar de romperse							31,5	16,5	16,5	componente interno metal poroso - tubo hueco y otros dos. Vidrio, metal	vaso bastante roto en parte inferior	

Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana













Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Pila de dicromato potásico	3063	305					S. XIX			18,7	8,3	8,3	componente interno metal poroso - tubo hueco y otros dos. Vidrio, metal	bueno	Procedencia de la Facultad de Farmacia
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Pila con electrodos de grafito	sn	169								18,0	7,7	7,7	vidrio, tapa cerámico, metal conducción, dos elementos externos de grafito, intermedio metálico, abrazadera de latón	excelente, abrazadera de latón parcialmetne oxidada	
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Elemento de Grenet	1003	319			Döbereiner, J. W.	París		s.XIX		24,5	9,5	9,5	cerámica, metal	externamente muy bueno, internamente mal	
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Pila Daniell o tubo de descarga	sn	308						M. Alvarez, material científico. Mayor 19 Madrid, telef 4050		51,2	15,7	12,5	peana madera, vidrio, conectores metal	muy bueno	
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Pila de Daniell o semielectrodo de gases (izquierda)	sn	309-1								7,7	20,6	2,2	vidrio, conectores platino		
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Pila de Daniell o semielectrodo de gases (derecha)	4160	309-2								7,8	13,2	1,9	vidrio, conectores platino		
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Electrodo de calomelanos	sn	246								12,5	8,5	1,8	crystal, goma, calomelanos, metal	sucio, elemento muy oxidado	
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Piezas de vidrio de electrodos	sn	252-1							el derecho	8,0	5,3	1,4	vidrio	roto	
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Piezas de vidrio de electrodos	sn	252-2							el izquierdo	8,0	8,7	1,4	vidrio	bueno	
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Piezas de vidrio de electrodos	sn	252-3							el del centro	11,3	9,8	3,8	vidrio	bueno	
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Electrodo de hidrógeno	sn	311								16,9	23,3	1,4	vidrio, conectores platino		
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Potenciómetro	sn	117			Vereinigte Fabriken für Laboratoriumsbedarf Ges. M.b.H	Berlin	5 de agosto de 1930		Casa Torrecilla, Villanueva y Cantera, Barquillo 37, Madrid	14,1	33,8	20,5	caja de madera, aparato metálico, visor de cristal y controles cerámicos		Medidas con la caja, no se puede separar el potenciómetro de la caja

Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana













Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escala	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Potenciómetro	sn	217		-1, 0, +1 mA	Allochio Bacchini	Milano		16138		28,4	23,5	19,2	metal, visor vidrio, caja madera inseparable	bueno, requiere limpieza	Altura con caja abierta: 28,4. Con caja cerrada: 13,6. Caja inseparable
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Potenciómetro	sn	218		10, 0, 10 en unidades relativas; indica 150 V	Dott. Bortini	Pavía				28,4	23,5	19,2	metal, visor vidrio, caja madera inseparable	bueno, requiere limpieza	Altura con caja abierta: 28,4. Con caja cerrada: 13,6. Caja inseparable
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	pHmetro	3184	021		0 a 8, 6 a 13 de pH	Radiometer Copenhagen model pHmeter 2	Copenhage		13780	J.E. Gerber and Co. Zürich, Suisse	37,0	27,8	21,0	metal, vidrio	necesita limpieza	
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Ionómetro	sn	283		Controles para ajuste con electrodos de calomelanos y de quinidrona	F.M. Lautenschläger GmbH			5500		22,5	28,7	11,3	metal, visores vidrio	bueno, parcialmente oxidado	
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	Ionómetro	sn	283		Controles para ajuste con electrodos de calomelanos y de quinidrona	F.M. Lautenschläger GmbH			5512		22,5	28,7	11,3	metal, visores vidrio	bueno, parcialmente oxidado	
4. Potenciales electródicos, potenciometría y medida de pH	pHmetro - potenciómetro	sn	284		-50, 0, +50. Marca mV y trae tabla de conversión mV a pH	Etco meter					19,6	33,7	25,0	Alimentado por pila de 1,5 V. Caja madera, aparato metálico, visores cristal, bornes cerámicos. Zona celda oxidada	bueno	
5. Polarografía y técnicas afines	Polarógrafo	sn	042			Cambridge recording polarograph, Cambridge instrument Co Ltd			C541450		36,0	38,2	50,0	metal, visores vidrio		
5. Polarografía y técnicas afines	Galvanómetro de polarógrafo	sn	119													
5. Polarografía y técnicas afines	Galvanómetro de polarógrafo (módulo izquierdo)	sn	119bis			J. Nejedly	Praga		236		23,5	21,5	21,5	metálico, lentes de vidrio	bueno, necesita limpieza, acondicionamiento	
5. Polarografía y técnicas afines	Galvanómetro de polarógrafo (módulo derecho)	sn	119bis			J. Nejedly	Praga		129		8,0	20,0	20,0	metálico	muy bueno	
5. Polarografía y técnicas afines	Metronomo para contar gotas de polarógrafo	sn	182								15,0	7,5	7,2	caja madera, mecanismos metal	oxidado, péndulo doblado	
6. Conductimetría, electrogravimetría y coulombimetría	Conductímetro	sn	177		graduar cte vasija, compensación temperatura, 0 a 5 microSiemens	model CDM-3 Radiometer	Copenhage				23,0	35,9	18,6	metálico, visor cristal, llaves actuadoras cerámicas	muy bueno y en uso	Fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4014647















Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
6. Conductimetría, electrogravimetría y coulombimetría	Electrodo conductimétrico	sn	251								14,2	3,1	14,0	vidrio, placas metal ennegrecido ¿plata?, hilos conductores de plata	bueno	
6. Conductimetría, electrogravimetría y coulombimetría	Caja de electrolisis para docencia	sn	209			Hartman & Braun	Frankfurt a. M				34,5	51,0	23,0	caja madera, resistencias metal, 4 tubos o celdas en U de vidrio, electrodos de platino	bueno, requiere limpieza	medidas con caja, abierta, que es indeleble
6. Conductimetría, electrogravimetría y coulombimetría	Baño para galvanopastia	sn	415								12,5	38,0	12,1	crystal y metal	limpieza, no tiene funcionamiento	
6. Conductimetría, electrogravimetría y coulombimetría	Baño para electrolisis	1025	302								17,9	11,5	11,5	soporte madera, vaso vidrio, fondo vaso calomelanos, conectores platino	madera ajada, metal oxidado	
6. Conductimetría, electrogravimetría y coulombimetría	Sistema de electrolisis con electrodo de calomelanos	sn	223			Bürker					19,0	12,8	21,5	metálico, ampolla electrodo metálica con mercurio y solución, bornes plástico	oxidado, electrodo reemplazar mercurio y solución	
7. Técnicas electroforéticas y de separación	Controlador para colector de fracciones	4143	026		3 botones de 0 a 9	Seive 17 rue St Gilles	París		Coffret Universel		20,0	25,0	18,0	metal, visor pantalla vidrio	bueno, necesita limpieza, no está oxidado	
7. Técnicas electroforéticas y de separación	Extensores de placas de cromatografía en capa delgada	sn	265													
7. Técnicas electroforéticas y de separación	Fuente de potencia para electroforesis	4155	027		1250 V, set 240 V	Shandon Scientific Co Ltd	London	1966	1461	Giralt Laporta S.A.	9,8	15,5	11,0	metal, LED superior cristal, cable bien	bueno	
7. Técnicas electroforéticas y de separación	Equipo de electroforesis	sn	043		220 V	Boskamp Geräte-Bau K. G. Hersel b.	Bonn		82 108		39,0	49,0	42,0		la parte central se desarma, muy bonito, no funciona	Fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4014702
7. Técnicas electroforéticas y de separación	Densitómetro para tiras de electroforesis sobre papel	sn	264		2 a 0	Elphor Dr.	Kalsruhe			Pacisa	7,5	32,6	17,0	metal. Visor vidrio	bueno	
8. Fuentes y detectores de energía radiante	Lámpara de arco voltaico	sn	325								55,4	13,7	13,7	metal, soporte madera, visor lente vidrio	algo oxidada, torcida, mal alineado, ha recibido repetidos golpes	
8. Fuentes y detectores de energía radiante	Lámpara de sodio para polarímetro	2991	122								44,7	16,0	16,0	metal	muy bueno	













Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
8. Fuentes y detectores de energía radiante	Lámpara de vapor de sodio y su fuente de alimentación	3567	011		45W y 50 Hz	Mazda	Inglaterra				lámp 25,0; cabl 80	lámp 6,5	lámp 6,5	controlador metálico; lámpara de vidrio, metal y cerámica	lámpara camisa externa rota; fuente, buen estado	
8. Fuentes y detectores de energía radiante	Lámpara de sodio para polarímetro	sn	211								41,2	12,0	12,0	metal, peana de madera	bueno, requiere limpieza	está hueco
8. Fuentes y detectores de energía radiante	Fuente de radiación	4144	018			Jodrá	Freiburg		"Cañón de luz"	Laboratorio productos Ovínicos, despacho central principal, Madrid	24,5	37,6	16,5	metal y vidrio; le falta la bombilla	necesita limpieza, le falta la bombilla	
8. Fuentes y detectores de energía radiante	Lámpara ultravioleta de mercurio de Hanau	3109	028					1930			31,5	37,2	16,0	metal, cuarzo	cable en mal estado	Procede Centro Nacional Farmacobiología
8. Fuentes y detectores de energía radiante	Lámpara de cátodo hueco para absorción atómica	sn	232		10 mA máx corriente, gas neon	Cathodeon Ltd tipo 3unx/a1, Nuffield Road, Cambridge	Cambridge		12550		15,9	3,5	3,5	base cerámica, vidrio, soporte y bayoneta metálica	muy bueno, no parece muy usado	
8. Fuentes y detectores de energía radiante	Fuente de chispa	sn	231			Carl Zeiss	Jena				34,5	34,5	23,9	metal, 2 electrodos perpendiculares de grafito, bornes cerámicos	razonablemente bueno, tornillos oxidados	
8. Fuentes y detectores de energía radiante	Fuente de chispa	sn	233			Spencer Lens Co.	Buffalo N.Y.				19,2	15,9	8,3	metal, 2 electrodos perpendiculares de grafito, bornes cerámicos	electrodos muy poco gastados, necesita limpieza, internamente oxidado	
8. Fuentes y detectores de energía radiante	Tubos de descarga gases enrarecidos	sn	156		6 tubos					M. Alvarez, material científico. Mayor 76. Madrid	70,5	49,5	15,5	madera, vidrio, metal		
8. Fuentes y detectores de energía radiante	Fotomultiplicador	sn	200		430 Au	Dr. Berthold	Wildbad				23,3	3,8	3,8	metal, vidrio	bueno	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Espejo ustorio	sn	235								35,5	10,5	9,5	soporte metal, espejo vidrio	bueno, parcialmente oxidado	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Binocular con brazo estereoscopio Wheatstone	3814	071			Spencer	Buffalo USA		52317		42,5	11,5	17,4	metal, óptica vidrio	bueno, parcialmente oxidado	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Proyector de cuerpos opacos - estereoscopio Wheatstone	4094	069			Carl Zeiss Jena	Jena				23,0	18,5	16,0	metal, óptica vidrio	necesita limpieza, parcialmente oxidado, no funciona	













Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Proyector de cuerpos opacos - estereoscopio Wheatstone	sn	070		a 5=10x, a 10=20x, a 15=30x	C Leitz Wetzlar			287572		17,5	10,0	14,0	metal, óptica vidrio	bueno, parcialmente oxidado	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Platina de microscopio con diafragma (lente y soporte)	3807	092-1								25,3	14,2	5,7	metal		
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Lente	sn	092-2								17,5	8,9	2,2	metal, falta lente, tiene rosca		
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Sistema de proyección para linterna de proyección	4138	068								30,5	19,0	13,0	metal	oxidado	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Lentes para un focómetro de Sibermann (izquierda)	sn	258-1								26,3	8,5	6,0	metal, lente de vidrio	muy bueno	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Lentes para un focómetro de Sibermann (derecha)	sn	258-2		lente articulada						26,1	7,8	5,7	metal, lente de vidrio	muy bueno	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Soporte de lente	sn	063								20,5	14,5	14,5	metal, lente de vidrio	bueno, lente en buen estado	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Diafragma de cortinilla	sn	175		misma estructura que foto núm. 173 y 256-8, probablemente del mismo aparato						32,0	14,5	5,6	metal	se abre la cortinilla con bastante dificultad	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Lentes de retardo	sn	237		ocho lentes	Dr. Hobein, Chemikalien apparat	München				5,0	4,4	0,3	metal, arandela interna de cartón, vidrio	muy bueno	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Lente	sn	256								24,7	10,7	7,0	metal, lente de vidrio	muy bueno	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Generador de interferencias ópticas	sn	257								27,3	10,0	5,7	metalico	muy bueno	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Micromanipulador (pie articulado y portalupa)	3562	378		tiene dos lentes	Villasanta Óptico	Madrid				26,2	19,5	7,7	metal	perfecto	

Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Caja de micrómetro	sn	165		Micromanometer syringe outfit tipo "Aglia"	Burroughs Wellcome & Co. The Wellcome fundation, England	London				3,4	15,0	9,4	material	bueno	está la caja vacía
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Microscopio compuesto	893	289			Janssen, Z.	Alemania	S XVIII			39,5	12,9	18,8	madera, parte óptica cristal	bueno, necesita ajuste pues tiene holgura, le falta el portaobjetos	donación Dr. Cea. En colección Nacet hay uno idéntico con nº 70, perteneciente a Nuremberg, siglo XVIII
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Microscopio tipo Cuff	1041	296			A. lcart, 20 rue Mayet, París		XIX			38,4	16,4	17,3	metal, vidrio	muy bueno, mecanismos requieren poco ajuste	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Microscopio compuesto Adams	1042	299			inventor Jansen, Z., constructor Adams, G. Hijo Fleetstreet London	Londres	XVIII			50,4	24,9	24,9	metal, vidrio	bueno, holgura en espejo	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Microscopio tipo Cuff binocular	1043	297			Seibert		XIX			43,4	17,8	19,9		necesita ajuste, gira con holgura	microscopio, caja-estuche, colección objetivos y lentes. Donación Dr. Portillo
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Microscopio inclinado de Nacet	1048	298			Ross, London		XIX	347		46,0	17,0	25,8	metal, vidrio	bueno, espejo parcialmente oxidado, falta platina para muestras, tiene holguras	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Microscopio compuesto Colpeper	1251	295			Janssen, Z., inventor Culpeper	Inglaterra	XIX			25,3	8,2	8,2	metal	algo oxidado, torcido, no tiene lentes	donación del Dr. Castillo de Lucas
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Microscopio de campo de Cuff	1320	287			Janssen, Z., inventor Cuff, J		S XVIII			21,0	11,8	14,7	peana madera forrada en fieltro, metal, cristal	bueno, espejo algo oxidado	donación del Dr. León Villanua
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Piezas de microscopios: 1. Estantivo (izquierda)	1335	290-1		microscopio con preparaciones, microscopio simple Gould	Bancks, 441 Strand, Inv					8,8	2,6	4,3	metal, lente plana vidrio		donación del Sr. Gandullo
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Piezas de microscopios: 2. Soporte de madera (delante)	1335	290-2								6,9	2,9	0,3	madera, papel		
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Piezas de microscopios: 3. Soporte de madera	1335	290-3								3,7	3,7	0,1			
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Piezas de microscopios: 4. Pieza con rosca (centro, izquierda)	1335	290-4								2,5	2,5	0,5			













Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Piezas de microscopios: 5. Prisma (centro, derecha)	1335	290-5			Nachet					2,9	2,2	4,0	metal, vidrio		
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Microscopio simple Gould	1335	291			Bancks, R., Inglaterra, fabricado por Nachet et F, rue Serpente, 16 Paris		XIX			24,5	7,9	9,8	metal, vidrio	muy bueno, espejo muy poco oxidado	donación Sr. Gandullo
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Microscopio óptico compuesto monocular	3529	132			Carl Zeiss	Jena		cuerpo 60491; placa 7694	Torrecilla, Madrid	36,7	15,5	15,7	metal y vidrio	muy bueno	tiene 4 objetivos, de la misma marca
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Objetivo de proyección	3796	372			Ernst Leitz	Wetzlar				7,5	6,3	6,3	metal, vidrio, tiene caja de cartón duro	perfecto, requiere limpieza	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Fuente de un ultramicroscopio cardiode	3815	093		13,5 ohm, 6 A				19_540		26,5	13,0	13,0	carcasa metálica bobina cerámica	golpeado y ladeado	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Microscopio simple para disección	4176	317			C. Reichert	Wien	1930	24934		19,0	13,0			buena	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Microscopio óptico compuesto monocular	sn	277			Meopta	Praha, Czechoslovakia		217997		42,0	23,0	24,0	metal, óptica vidrio	muy bueno; de los 4 objetivos sólo conserva uno de 10_0,30 núm. serie 473365	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Microscopio óptico monocular	sn	279			Carl Zeiss, Jena	Jena		29378		26,2	7,7	12,1		Muy bueno. le falta ocular y dos objetivos, aunque tiene uno puesto	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Tubo de microscopio óptico simple monocular	sn	293			Periskopisch III					19,7	5,9	3,6	metal, vidrio	falta extremo inferior	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Micrómetro con caja	3786	379			C. Reichert	Wien				11,1	14,5	2,5	metal acero blanco y metal acero cromado	excelente	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Microtomo de congelación	2998	029			Reichert Wien	Wien		310	Torrecilla, Madrid	15,8	24,2	29,0	metal, empuñadura de madera	muy bueno	Procede Facultad de Farmacia
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Microtomo	4146	036			Laboratorio de Automática	Madrid				17,0	21,0	13,2	metal		







Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Objetivo de proyección de 400 mm	2999	033			Ernst Leitz, Wetlar					23,3	14,5	14,5	metal y vidrio	bueno, necesita limpieza	Procede Facultad de Farmacia
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Microteodolito para visualizar gotas pendientes en un polarógrafo	sn	157		vertical 0 a 80					M. Alvarez, material científico. Mayor 76. Madrid	63,7	30,8	30,8	metal, visor vidrio	muy bueno, muy poco oxidado	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Goniómetro para medida de ángulos de desviación mínima	2990	066			A P	París		1510-5		30,0	26,0	26,0	metal, prisma trigonal en medio	muy bueno aunque no gira e impide ver la marca	
9. Óptica geométrica y microscopía óptica	Goniómetro	sn	123			D.G.Hofmann	París				29,4	24,9	10,7	metal, óptica de cristal	bastante bueno, muy poco oxidado	
10. Métodos refractométricos	Refractómetro de Abbe	sn	222			Meopata	Czechoslovakia		106918		26,6	15,3	15,3	metal y vidrio: oculares, espejo iluminador y prisma de Abbe	muy bueno, sí funciona	
10. Métodos refractométricos	Refractómetro universal M. R. Féry	2987	055			Ph Pellin	París		110		40,0	66,0	26,5	metal, menos elementos de mirar de cristal	muy bueno, algunas partes algo oxidadas	
10. Métodos refractométricos	Refractómetro de Féry	4092	056			Karl Zeiss Jena			34866		47,0	80,5	31,5	metal, vidrio visores y espejo	muy bueno, todos los engranajes giran; golpe en la camisa superior	
10. Métodos refractométricos	Refractómetro de inmersión	4689	089			Carl Zeiss Jena	Jena		31057		32,0	14,0	14,0	caja madera, metal, óptica vidrio	muy bueno; dotación con dos termómetro y patrones, uno líquido de monobromonaftaleno de n=1,658	
10. Métodos refractométricos	Baño para refractómetro de inmersión Zeiss	3947	019								24,7	26,5	26,5	metal, cristal ventana y espejo, tubos gradilla de vidrio	muy bueno, requiere limpieza, gradilla gira	
10. Métodos refractométricos	Refractómetro de inmersión	sn	271		dos micrómetros, uno basto y otro fino	Carl Zeiss Jena	Jena		25252		13,8	7,1	7,1	metal, óptica vidrio	Impecable; con cinco lentes, una puesta, y termómetro marca P.Schmidt Jena, de 25 a 14°C	Fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4014648
10. Métodos refractométricos	Refractómetro de inmersión	sn	214			OPL 40 - 80%	France		1739		20,3	3,0	3,0	metal, vidrio (visor, prisma)	excelente	medidas sólo del tubo, prisma plegado
10. Métodos refractométricos	Patrones de refractometría	sn	201		nD 15160 nD 15000 nD 15161						1,9	0,9	0,3	cuarzo	bueno, necesita limpieza	

Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana













Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
10. Métodos refractométricos	Baño para refractómetro de inmersión	sn	213			establecimiento Jodrá	C/ Príncipe, 7. Madrid				25,5	18,0	18,0	metal	bueno, algo oxidado	
10. Métodos refractométricos	Prisma óptico para estudiar acromatismo	1216	300								41,5	31,7	16,1	soporte y estativo de madera, prisma de vidrio	bueno, conservación en madera, tiene holgura	
10. Métodos refractométricos	Prismas para estudios de acromatismo	sn	203-1		derecho						3,2	1,8	2,5	metal, vidrio	bueno, necesita limpieza	
10. Métodos refractométricos	Prismas para estudios de acromatismo	sn	203-2		izquierdo						3,2	2,9	2,9	metal, vidrio	bueno, necesita limpieza, un lado está roto	
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos	Conjunto analizador - polarizador para de un polarímetro manual	3813	373-1		analizador	Carl Zeiss	Jena				3,4	3,1	3,1	estuche con piezas metálicas enroscables; faltan piezas y tiene etiquetas describiendo el modo de empleo	incompleto	donación Farmacia Fuentes (Palencia)
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos	Conjunto analizador - polarizador para de un polarímetro manual	3813	373-2		elemento intermedio 0 a 34, gira	Carl Zeiss	Jena				2,7	6,0	6,0	estuche con piezas metálicas enroscables; faltan piezas y tiene etiquetas describiendo el modo de empleo	incompleto	donación Farmacia Fuentes (Palencia)
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos	Conjunto analizador - polarizador para de un polarímetro manual	3813	373-3		polarizador	Carl Zeiss	Jena				3,5	4,3	4,3	estuche con piezas metálicas enroscables; faltan piezas y tiene etiquetas describiendo el modo de empleo	incompleto	donación Farmacia Fuentes (Palencia)
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos	Sacarímetro o Polarímetro de Biot	3519	052bis								40,0	50,0	20,5	metal, elementos ópticos de vidrio	bueno, algo oxidado, escala gira	tiene un tubo
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos	Polarímetro de Lippich	3565	318													
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos	Polarímetro de Laurent	3566	017								37,1	56,8	23,5	metal, vidrio visores	requiere limpieza, falta tapadera superior tubos	
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos	Polarímetro de Lippich	4091	067			Franz Schmidt Haensch	Berlín		9347		44,0	73,0	22,8	metal, óptica cristal, tiene tubo de vidrio de polarimetría núm 104846 de 20 cm	necesita ajuste, sobre todo del visor izquierdo	
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos	Polarímetro	4162	414		0 a 360°, ± 1°	Carl Zeiss	Jena		133		39,5	52,0	19,5	metálico, bombilla cristal y cerámica, lentes de vidrio	muy bueno, posiblemente solo precisa una nueva bombilla	

Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos	Polarímetro de Laurent	sn	162		hermano gemelo num. 067	Franz Schmidt Haensch	Berlín		10147		50,0	71,0	22,5		perfecto, está con tubo de vidrio de 20 cm	Fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4014706
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos	Polarímetro vertical	sn	076								29,0	10,0	10,0	metal, visor de vidrio	bastante bueno, gira con mucha dificultad	
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos	Polarímetro de penumbra	sn	204-1		datos del polarímetro	Carl Zeiss	Jena				22,0	13,0	7,0	metal, objetivo vidrio	excelente	
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos	Polarímetro de penumbra	sn	204-2		datos del tubo	Carl Zeiss	Jena		tubo: 9078		10,8	1,3	1,3	metal, vidrio	muy bueno	etiquetado "94,7", probablemente su paso óptico, en mm
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos	Polarímetro de Lippich	sn	324			Jobin Yvon					38,7	58,2	17,5	metal, vidrio	muy bueno, soporte lámpara necesita ajuste, ignoramos si lámpara funciona, nonius oxidado	tiene tubo de 22 cm
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos	Tubos de polarimetría	sn	206		6 metálicos, 3 de vidrio. Medidas (h-w-d) desde 26-3,5-3,5 hasta 8,9-3,5-3,5						ver	ver	ver	metal, vidrio, cerámico	bueno	
11. Métodos polarimétricos y sacarimétricos	Pinzas de turmalina	5940	124					1870			2,8	13,7	3,2	metal (latón) y vidrio o turmalina	muy bueno	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Fotocolorímetro Pulfrich	3943	012			Carl Zeiss, Jena	Jena	1943	87828	Luis Vasquez Colls, Mayor 8, Madrid	48,8	57,5	23,3	metal, vidrio, cuarzo	malo, sucio, desajustado, óptica visor bien, lámpara	Procede de la Facultad de Farmacia
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Comparador: recipiente hueco para ver reacciones colorimétricas	2771	108								55,0	14,7	9,2	metal, dos ventanillas de vidrio	una de las dos ventanillas de vidrio, está rota	lab bioquímica de tiempos del Dr. Carracido, donado por d. Angel Santos, decano FF
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Colorímetro visual	3564	062			F. Hellige	Freiburg, Germany			Industrias Sanitarias Antigua Casa Hartmann, Barcelona, Madrid, Sevilla	38,1	21,4	21,4	metal, visor cristal	bueno, muy poco oxidado	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Colorímetro visual (espalda)	3564	062bis			F. Hellige	Freiburg, Germany			Industrias Sanitarias Antigua Casa Hartmann, Barcelona, Madrid, Sevilla	38,1	21,4	21,4	metal, visor cristal	bueno, muy poco oxidado	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Espectrómetro	sn	058			F. Hellige	Freiburg, Germany		00005		23,5	27,7	14,0	metal, óptica cristal	cable mal estado, parte con aguja rota y doblada	















Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Espectroscopio de mano de visión directa o fotómetro de Mascart	sn	205			Watson Barnet			125267		18,8	8,0	8,0	metal, óptica vidrio	regular, algo oxidado	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Tubos para soluciones de colorimetría	sn	255		45 agujeros para patrones: 9 agujeros por fila, 5 filas						33,0	25,5	20,5	madera, ampollas vidrio, soluciones (ver observaciones)	bueno, faltan soluciones	Sólo con 25 ampollas, con gamma-dinitrofenol, alfa-dinitrofenol y nitrofenol, a distintos pH
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Colorímetro Blutzucker-kolorimeter	sn	171		tiene como un espejo, pero de metal, para rebotar la luz	Zeiss Ikon					15,0	7,8	7,8	metal, óptica vidrio, cubeta vidrio	muy bueno	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Colorímetro de Crescelius-Seifert	sn	172		Xantoproteinometer	Zeiss Ikon					15,5	7,0	6,8	metal, óptica vidrio, cubeta vidrio	muy bueno	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Colorímetro de Crescelius-Seifert	sn	174		Hämometer	Zeiss Ikon					14,0	7,0	6,8	metal, óptica vidrio, cubeta vidrio	muy bueno	trampilla abrir, vidrio blanco de calidad
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Fotómetro de Sibermann	sn	234			Ernst Leitz	Wetzlar				18,7	49,5	10,0	metal, vidrio cubeta, óptica vidrio	estado muy bueno	cubeta de 1 cm de paso óptico
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Espectroscopio Bunsen y Kirchhoff	2993	059			Desago	Heildeberg				28,8	53,0	30,0	metal, elementos ópticos de vidrio	bueno, algo oxidado	donación D. Román Casares
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Espectroscopio Bunsen y Kirchhoff	2994	053								24,0	35,2	20,9	metal, menos elementos de mirar de cristal	bueno, brazo largo gira unos 15°	donación Dr. Portillo
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Espectroscopio Bunsen y Kirchhoff	sn	316			Franz Schmidt & Haensch	Berlín				33,0	59,8	27,5	metal, óptica vidrio	excelente	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Espectroscopio Bunsen y Kirchhoff	sn	321			Jules Duboscq PH Pellin	Paris			J. Ganzer, Barcelona	40,5	64,3	24,0	metal	muy bueno, peana algo rallada	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Gradilla de tubos Nessler	7562	407		cada tubo 100 cc						26,6	51,6	9,0	madera, tubos vidrio	7 tubos de 100 cc, 1 roto, 1 ampolla ambar	altura con tubos: 26,6, sin tubos: 24,4
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Gradilla de tubos Nessler	7563	406		cada tubo 100 cc						40,5	50,2	8,8	madera, tubos vidrio	11 tubos de 100 cc, todos bien	altura con tubos: 40,5, sin tubos: 29,0











Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Colorímetro	2775	329								19,5	5,5	12,3	metal, vidrio	parcialmente oxidado	lab bioquímica de tiempos del Dr. Carracido, donado por d. Angel Santos, decano FF
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Colorímetro Duboscq	2980	065bis			Establecimientos vidrieros Llofriú S.A.	Plaza del Angel, 13 y 14. Madrid			Establecimientos vidrieros Llofriú S.A.	43,0	16,0	13,0	metal, vidrio	limpieza, parcialmente oxidado, sin correr bien los dos prismas; faltan las dos cubetas y un prisma de inmersión	donación Farmacia Fuentes (Palencia)
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	colorímetro Duboscq	3111	034		0 a 60 con nonius, a cada lado	Jobin Yvon					32,0	11,5	26,0	metal	bueno	donación Dr. Martínez Arroyo
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Colorímetro Duboscq - hemoglobínómetro Bürker	4071	085			Ernst Leitz	Wetzlar	1932	1614	Dr. Torrecilla. C/ Barquillo, 37. Madrid	26,0	12,0	15,5	muy bueno, podría funcionar, tiene todos los accesorios		
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	colorímetro Duboscq	7564	330			F. Hellige & Co	Freiburg			M. Alvarez, material científico. Mayor 76 Madrid, telef 12050	37,5	13,5	10,6	metal, óptica vidrio	muy bueno, se ha utilizado mucho, apenas tiene holgura	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Colorímetro Duboscq - Hemoglobínómetro Bürker	7565	224		nonius metálico izquierda	Ernst Leitz	Wetzlar		207		26,5	12,2	15,4	metal, cuarzo, vidrio	muy bueno, funciona	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Colorímetro Duboscq - hemoglobínómetro de Bürker	7566	278			Ernst Leitz	Wetzlar		1427	Casa Alvarez, Material Científico, C/ Mayor 75. Madrid	43,5	14,8	16,6	muy bueno, podría funcionar, tiene todos los accesorios		
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Colorímetro fotoeléctrico	sn	208		densidad óptica 20 a 0, % transmitancia 0 a 11	Etco photoelectric colorimeter, modelo 308-B				C.E.D.A.C. C/Málaga, 11, telef. 37143	18,0	32,5	20,6	madera, metal, vidrio, bornes cerámicos	bueno	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Colorímetro fotoeléctrico	4070	087		densidad óptica 20 a 0	Etco photoelectric colorimeter			1769-160	distribuidora exclusiva CEDAC, Málaga 11, telef 37143	17,6	32,6	20,9	carcasa madera, metal, visores y óptica de vidrio	bueno	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Fotocolorímetro universal	sn	220		0 a 2 Abs, 0 a 100 %T	Dr. B. Lange			1955		15,5	25,1	15,1	metal, vidrio cubetas, visor, ventanas	tapa fotodiodo derecha sustituida por llavero "Mercedes"	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Fotocolorímetro	3418	025		0 a 100A, R=1,73ohm	Erdéls Szabo, Laboratorium feaszereleser transzedek és prec. Giára	Budapest				23,5	34,0	22,0	metal, vidrio parte óptica	regular, filtros giran, necesita pintura	donación Dr. Folch
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Fotocolorímetro Mernick	sn	280		extinción 2 a 0	Mernick	Málaga				13,0	19,0	25,0	metal, visor cristal	bueno	













Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Fotocolorímetro Mernick	sn	281		extinción 2 a 0	Mernick	Málaga		60771		13,0	19,0	25,0	metal, visor cristal	bueno	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Monocromador	sn	155			Perkin Elmer			173		42,0	69,0	31,6	metal, cuarzo, vidrio, soporte maders	excelente	Diseño connunto con Corp. Stamford, Conncticut
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Tubos de absorción	sn	189-1								2,2	5,2	0,6	vidrio	bueno, falta tapón	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Tubos de absorción	sn	189-2								2,5	10,3	0,8	vidrio	bueno, falta tapón	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Tubos de absorción	sn	189-3								3,5	14,8	0,8	vidrio	bien, necesita limpieza	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Tubos de absorción	sn	189-4								3,4	20,0	0,8	vidrio	bien, necesita limpieza	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Cubeta de absorción	sn	190-1		1,06 paso óptico						4,5	3,9	0,4	vidrio o cuarzo?	muy bueno	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Cubeta de absorción	sn	190-2		10,01 paso óptico						4,5	3,9	1,4			
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Cubeta de absorción	sn	190-3		29,87 paso óptico						4,5	3,9	3,4			
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Cubeta de absorción (izquierda)	sn	193-1								2,9	3,3	2,3	vidrio	muy bueno	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Cubeta de absorción (derecha)	sn	193-2		esménil en laterales, 2,996 paso óptico, tapa esménil						3,0	3,4	2,2	vidrio, esménil en los laterales	muy bueno	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Cubetas de espectrofotómetro	sn	196-1		1 par						2,7	2,2	0,4	vidrio o cuarzo? Esménil lados	1 rota, otra bien	













Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Cubetas de espectrofotómetro	sn	196-2		1 par						2,7	2,2	0,7	vidrio o cuarzo? Esménil lados	las dos bien	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Cubetas de espectrofotómetro	sn	196-3		1 par						2,7	2,2	1,4	vidrio o cuarzo? Esménil lados	las dos bien	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Fotocolorímetro médico	sn	282		A=0 a 100, extinc 0 a 2; mg% bilirubin 0 a 10; gr% Hb 0 a 30; %Hb 0 a 200	Medico Kolorimeter modell IV, B. Lange	Berlín		139, 4V		16,0	21,5	33,5	filtro 560 nm, escalas (ver), accesorios soportes tubos. Tubos de vidrio de 5 cc (cinco), 1 cc (dos)	bastante usado, no está oxidado	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Bancada óptica para docencia	sn	286													
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Soporte de cubetas para aparato óptico	3816	374			E. Leitz	Wetzlar				20,0	13,3	6,5	metal, optica de vidrio	excelente	
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Fotómetro de llama	sn	285		galvanómetro de espejo	Corning EEL Scientific Instruments, Evans Electroselenium Ltd	Halstead, Essex, England, patente 712700, registro		5071		33,5	20,0	39,0	metal, visor vidrio, espejo indicador	bueno	Fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4229975
12. Espectroscopías atómicas y moleculares de absorción y emisión	Fotómetro de llama de Lange	sn	102		0 a 100	Flamell photometer 5, Lange	Berlín				63,0	54,0	24,5	metal, vidrio visores	bueno, no está oxidado, está limpio	
13. Técnicas de rayos X	Tubo de Rayos catódicos o radiómetro eléctrico	4330	315			Duluj, J.		S. XX		M. Alvarez, material científico. Mayor 76 Madrid, telef 12050	26,5	15,2	7,7	peana madera, vidrio, conectores platino	muy bueno, muy poco utilizado	
13. Técnicas de rayos X	Tubo de Rayos X tipo Coolidge	sn	199		Rö 4,0 x 10-10 r/o, Ga 1,2 x 10-6 r/o	Dr. Berthold	Wildbad				11,9	2,4	2,4	metal, vidrio	bueno	
13. Técnicas de rayos X	Tubo Coolidge	sn	207						25293-32		22,0	7,7	7,7	metal, vidrio	gastado y roto	
13. Técnicas de rayos X	Aparato portátil de rayos X Sánchez	sn	216			Eléctrica Sánchez	Piedrabuena, España	patente de 1911		Eléctrica Sánchez	34,5	43,5	21,1	metal, caja madera inseparable	bueno	altura con caja abierta: 34,5. Con caja cerrada: 20,0. Caja inseparable
13. Técnicas de rayos X	Tubo de rayos X	sn	310			Laboratorio eléctrico de Rayos X Sánchez	Piedrabuena				32,0	18,5	13,2	vidrio, conectores platino	usado bastante	













Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
13. Técnicas de rayos X	Tubo de rayos X	sn	312							M. Alvarez, material científico. Mayor 76 Madrid, telef 12050	16,1	34,4	9,6	peana madera, vidrio, conectores platino	muy bueno, muy poco utilizado	
13. Técnicas de rayos X	Tubo de Rayos X modificado por Thompson	sn	313							M. Alvarez, material científico. Mayor 76 Madrid, telef 12050	47,2	16,5	10,1	peana madera, vidrio, conectores platino	muy bueno, muy poco utilizado, conectores poco oxidados	
13. Técnicas de rayos X	Tubo de Crookes	sn	314							M. Alvarez, material científico. Mayor 76 Madrid, telef 12050	24,6	20,8	12,1	peana madera, vidrio, conectores platino	muy bueno, muy poco utilizado, conectores poco oxidados	
14. Métodos radiométricos y fenómenos nucleares	Contador radiactivo	2774	320							Casa Torrecilla, Villanueva y Cantera, Barquillo 37, Madrid	15,7	18,0	14,0	metal, vidrio	muy bueno	lab bioquímica de tiempos del Dr. Carracido, donado por d. Angel Santos, decano FF
14. Métodos radiométricos y fenómenos nucleares	Medidor radiométrico	sn	229		mr/h: 0 a 25; r/h: 0 a 1	F. H. Hellige & Co, modelo 40H			4834		4,7	10,5	17,3	metal, cerámicos botones, vidrio visor, funda cuero	muy bueno, no sabemos si funciona	
15. Instrumentos de calentamiento y de termostatización	Mecheros de Bunsen	3520	064		medidas del más alto, que es del tipo Bunsen						18,2	8,5	7,4			
15. Instrumentos de calentamiento y de termostatización	24 Mecheros de Bunsen	3818	064bis		medidas del más alto, que es del tipo Bunsen						18,2	8,5	7,4	metal	regular, están oxidados	
15. Instrumentos de calentamiento y de termostatización	Bomba calorimétrica	sn	183								17,0	10,0	7,6	metal, filtro ¿de celulosa?	excelente	
15. Instrumentos de calentamiento y de termostatización	Picnómetros de Jaulmes con termómetro incluido (derecho)	sn	261-1								20,0	5,0	5,0			
15. Instrumentos de calentamiento y de termostatización	Picnómetros de Jaulmes con termómetro incluido (izquierdo)	sn	261-2								20,0	3,5	3,5			
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Autoclave	2996	032			Paul Altman fabrik chemisch u. Bakteriologischer apparat	Berlín, Luisenstrasse 47		1067914		61,0	49,0	26,0	metal, vidrio		Procede Facultad de Farmacia
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Autoclave	3936	401			Paul Altman fabrik chemisch u. Bakteriologischer apparat	Berlín, Luisenstrasse, 47				84,0	35,0	39,5	metal, visor vidrio	bueno	







Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Autoclave	sn	050		manómetro 0 a 75 cm						52,5	41,0	20,2	metal y puerta con visor de cristal, indicador del manómetro de cristal	regular, oxidado	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Autoclave	sn	105								92,0	38,0	40,5	metalico	oxidado, necesita limpieza	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Autoclave	sn	107		vacuómetro 0 a 6 atmósferas, con línea roja para alarma en 4 atm						70,0	43,0	35,0	metálicos, visor presión cristal	bueno, oxidado	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Hornillo calentador	1549	349								23,7	35,2	20,1	metal, asa madera	oxidado, madera necesita restauración	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	hornillo de alcohol	3925	072								24,1	35,0	20,0	metal, asa de madera	muy oxidado	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Hornillo calentador con crisol	1550	350								46,7	36,5	20,9	metal, asa madera, crisol cerámico	oxidado, madera necesita restauración	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Dispositivo para calentar crisol	2447	351								66,0	27,5	21,0	base madera, metal, soporte superior madera, crisol cerámico	partes metálicas oxidadas, base madera necesita restauración	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Horno para cenizas	2612	073								22,8	12,3	12,3	metal	oxidado, requiere limpieza	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Ebulloscopio de Melligand	2613	099								48,0	28,0	8,0	metal	oxidado	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Marmita de evaporación	3396	142			Jodrá & Estevez, fabricación de material científico, Príncipe 7, Madrid					23,4	10,0	10,0	metal (latón)	bueno, patas se mueven	Procede de Cátedra de Galénica
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Marmita de evaporación	3527	098			Federico Bonet S.A., C/ Infantas 31	Madrid				30,5	20,0	14,5	cuatro aros o capas concéntricas	bueno	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Mantos eléctricos para evaporación en caliente (derecha)	3551	096-1								40,0	24,0	19,3	latón dorado (no cobre), cable mal estado		

Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana






Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Mantos eléctricos para evaporación en caliente (izquierda)	3806	096-2								30,0	17,5	13,5	latón dorado (no cobre), cable mal estado		
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Embudo eléctrico con cable y trípode para evaporación en caliente	3552	097								30,0	18,5	15,0	latón dorado (no cobre), cable mal estado		
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Baño de agua	sn	082		127 V, 4,5 A				9580	Luis Vasquez Colls S.A., Material Científico. C/Desengaño, 8, Madrid	18,5	26,7	30,5	metal	oxidado	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Baño de agua	sn	083			Pearson				Luis Vasquez Colls S.A., Material Científico. C/Desengaño, 8, Madrid	16,5	45,7	27,6	metal	oxidado, repintado	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Estufa de desecación	4156	403							Luis Vasquez Colls S.A., Material Científico. C/Desengaño, 8, Madrid	54,0	36,0	35,0	metal, doble puerta (la interna de cobre y vidrio)	bueno, oxidado parcialmente	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Estufa de desecación	4157	022								29,5	32,5	23,5	metal, laterales cartón-piedra	oxidado, necesita limpieza	invent 4002698
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Estufa de desecación	4165	031			Estblecimientos Jodrá, Laboratorios Químicos Industria Análisis Instalación	Madrid, C/Príncipe, 7				27,4	37,5	23,2	metal	razonablemente buena, parcialmente oxidado	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Estufa de desecación	sn	104			Estblecimientos Jodrá, Laboratorios Químicos Industria Análisis Instalación	Madrid, C/Príncipe, 7				63,0	34,0	30,5	madera con pintura lacada, metal, puerta de cobre y visor de cristal	bueno, pintura lacada saltada por algunos sitios	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Estufa de desecación	sn	106			Wiesneco Paris					64,0	30,5	34,5	metal, visor vidrio, bandejas y soportes cerámicos	bueno, bandejas cerámicas se han caído	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Estufa de desecación	sn	110		50 a 200 °C	Tarma				Carlos Rafael Marés S.L., Provenza 251 y Valencia 333, Barcelona	74,0	46,5	41,0	metal, puerta doble interna metálica también		
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Aparato para determinar el punto 0°C	sn	010								46,5	18,3	18,3	metal	bueno, muy poco oxidado	
16. Instrumentos para modificar y estabilizar la presión	Vacuómetro de McLeod, según Ubbelohde	sn	007			parece hecho artesanalmente					126,0	45,6	59,7	base madera, vasijas y tubos de vidrio, abrazaderas de latón	bueno, necesita limpieza	

Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
17. Purificación de sustancias, separación de mezclas homogéneas	Alambique de Gay-Lussac para ensayos con vinos	2611	016								33,0	31,5	13,5	metal (latón)	bueno, necesita limpieza, está oxidado	
17. Purificación de sustancias, separación de mezclas homogéneas	Alambique de Gay-Lussac para ensayos con vinos	4109	054								30,0	33,0	14,0			
17. Purificación de sustancias, separación de mezclas homogéneas	Alambique	3791	075-1								27,0	14,0	14,0		bueno, parcialmente oxidado	
17. Purificación de sustancias, separación de mezclas homogéneas	Hornillo de gas	3924	075-2			Deposé LV & Ce					7,5	25,0	12,0	metal	bueno, oxidado.	
17. Purificación de sustancias, separación de mezclas homogéneas	Dispositivo de decantación	sn	409								63,2	12,0	11,2	vidrio, base de madera	bueno, necesita limpieza	
18. Purificación de sustancias, separación de mezclas heterogéneas	Crisoles de vidrio filtrante de sílice	sn	170-1			Schott Cen Jena	Jena		1G3		4,5	3,0	3,0	vidrio, sílice	muy bueno, filtro de sílice no se ha usado pues está muy limpio	
18. Purificación de sustancias, separación de mezclas heterogéneas	Crisoles de vidrio filtrante de sílice	sn	170-2			Schott Cen Jena	Jena		1G1		5,9	3,5	3,5	vidrio, sílice	muy bueno, filtro de sílice no se ha usado pues está muy limpio	
18. Purificación de sustancias, separación de mezclas heterogéneas	Crisoles de vidrio filtrante de sílice	sn	170-3			Schott Cen Jena	Jena		2G3		5,3	4,8	4,8	vidrio, sílice	muy bueno, filtro de sílice no se ha usado pues está muy limpio	
18. Purificación de sustancias, separación de mezclas heterogéneas	Crisoles de vidrio filtrante de sílice	sn	170-4			Schott Cen Jena	Jena		2G2		5,3	4,7	4,7	vidrio, sílice	muy bueno, filtro de sílice no se ha usado pues está muy limpio	
18. Purificación de sustancias, separación de mezclas heterogéneas	Filtro de sílice	sn	247								15,1	2,0	2,8	vidrio, filtro sílice	muy bueno	
19. Purificación: otras técnicas de separación de mezclas heterogéneas	Centrífuga	sn	120		rotor para ocho tubos	Andreas Hettich, Hettich, modelo Universal II	Tubingen, Germany		6189		28,0	32,5	32,5	metal	bueno, rotor gira pero está oxidado	Fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4028651
19. Purificación: otras técnicas de separación de mezclas heterogéneas	Centrífuga de pie con coraza protectora	sn	103								33,0	34,0	34,0	metal	bueno, tiene algunos golpes, parcialmente oxidada, tapadera descentrada	















Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
19. Purificación: otras técnicas de separación de mezclas heterogéneas	Centrífuga	sn	121		rotor para ocho tubos	PHG, modelo RotoU2	Germany				35,5	32,5	32,5	metal	bueno, rotor gira pero está oxidado	
19. Purificación: otras técnicas de separación de mezclas heterogéneas	Tubo de centrífuga	sn	197		graduado 0 a 15 ml	Corex made in USA by Millipore					12,7	1,7	1,7	vidrio	muy bien	
19. Purificación: otras técnicas de separación de mezclas heterogéneas	Soporte de tubos de centrífuga	sn	202								8,5	5,2	1,8	metal	muy bien	
20. Medidas de longitud, superficie, volumen y tiempo	Escala (frontal)	1493	355		0 a 18			S. XVIII-XIX			0,4	12,9	12,9	cerámica	excelente	coincide 0 a 18 en ambos
20. Medidas de longitud, superficie, volumen y tiempo	Escala (posterior)	2986	355		0 a 24						0,7	17,3	17,3	cerámica	excelente	coincide 0 a 18 en ambos
20. Medidas de longitud, superficie, volumen y tiempo	Reloj de pulsos	sn	006								39,8	48,0	24,0	carcasa de madera, visor de cristal, maquinaria metálica	bueno	
20. Medidas de longitud, superficie, volumen y tiempo	Reloj avisador	sn	230			Geht nicht				M. Alvarez, material científico. Mayor 76. Madrid	25,5	5,8	15,2	metal, cristal, madera	bueno, funciona, parcialmente oxidado	
20. Medidas de longitud, superficie, volumen y tiempo	Reloj avisador	sn	410								11,2	10,0	4,8	metálico	funciona; estado bueno, necesita retoques de pintura	
21. Medidas de masas	Balanza de mano	872	398		sitio para 5 pesas, sólo hay 4 con MFH 878	Joseph Planes, refinador de los pesos del Rey	Valencia	1758			15,2	12,7	4,6	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas	oxidada	donado al Museo por el Dr. Gamis
21. Medidas de masas	Balanza de mano	873	394		sitio para 6 pesas cuadradas (solo hay 5) y se han añadido 4 pesas cuadradas						14,0	11,6	4,0	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas, estuche de madera	muy oxidada	donación de D. Miguel Relaño, farmacéutico de Sigüenza
21. Medidas de masas	Balanza de mano	900	400		2 pesas grandes y 5 pesas pequeñas de placa MFH 1496	José Martínez	Sevilla	1826			18,7	14,4	5,8	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas	oxidada	Adquirido a Angel Lucas por 350 pts
21. Medidas de masas	Balanza de mano	901	387			Pedro Miguel, constructor de pesos autorizado por SM	Sevilla	1769			20,2	15,1	5,0	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas, caja madera fina recubierta de raso	oxidada	Adquirido a Angel Lucas por 350 pts













Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
21. Medidas de masas	Balanza de mano	902	396		tiene 6 pesas						15,5	13,4	4,5	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas	oxidada, caja madera forrada con bordes rotos	Adquirido a Angel Lucas por 350 pts
21. Medidas de masas	Balanza de mano	914	383								19,4	18,5	6,1	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas	oxidada	adquirido a Valentín Benavente por 80 pts
21. Medidas de masas	Balanza de mano	930	392		tiene 6 pesas grandes y 5 pequeñas						14,5	12,1	4,1	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas	oxidada	
21. Medidas de masas	Balanza de mano	938	384			Thomas Harrison Scale Maker	Cannon Street, London		71		21,4	17,0	6,7	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas	oxidada	Comprada en el Rastro por 500 pts
21. Medidas de masas	Estuche de la balanza de mano MFH 938	938	395		caja foto 383	Thomas Harrison Scale Maker	Cannon Street, London		71		2,6	25,0	10,0			Comprada en el Rastro por 500 pts
21. Medidas de masas	Balanza plegable para pesar papelillos	1032	397							medidas extendida	6,4	24,2	1,6	latón	oxidada	
21. Medidas de masas	Balanza de mano	1033	386		tiene 7 pesas						15,5	12,8	3,8	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas, estuche de madera y paño	oxidada	donación del farmacéutico don José Ubeda Satáchaga
21. Medidas de masas	Balanza de mano	1331	388		tiene accesorios con pesas concéntricas de hasta 1 libra						37,0	23,2	12,2	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas	oxidada	donado por Laboratorios Parisis SA, Ramón Garrote Martínez, director gerente, C/Juan de Juanes 8, Madrid
21. Medidas de masas	Balanza de mano	1333	391		sitio para 6 pesas, sólo hay 4, de 27, 15 8 y 6 gramos						14,6	12,1	4,1	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas, caja madera tapizada	oxidada	donación
21. Medidas de masas	Balanza de mano	1350	389		caja con balanza y cinco pesas	a tinta pone: "soy del almacén del Ospital de Santa Cruz"		1781			15,0	12,0	4,0	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas	oxidada	adquirida a Lucas
21. Medidas de masas	Balanza de mano	2675	390		sitio para 6 pesas, sólo hay 5						20,5	8,9	4,0	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas, estuche de madera	oxidada, en general buena, le falta una pesa	donación Sr. Gomis
21. Medidas de masas	Balanza de mano	2803	385		tiene 9 pesas			1894			14,9	15,8	4,7	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas, caja madera muy fina, indicaciones papel escrito a mano con plumilla	oxidada	para pesar moneda de oro; donación Sr. Lovris













Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
21. Medidas de masas	Balanza de mano	3420	125								12,7	13,1	4,6	metal, platillos de latón, cuerdas colgar platillos (3 en cada platillo)	parcialmente oxidado, caja de madera rajada	pertenció a D. Obdulio Fernández
21. Medidas de masas	Balanza de mano	3421	126			Juan Francisco Montalbo, contraste y refinador de pesos de todas calidades	Pamplona, reino de Navarra	1728			19,8	14,9	5,0	metal, platillos de latón, cuerdas colgar platillos (3 en cada platillo)	cruz oxidada	tiene cinco pesas y tres chapitas. donación del farmacéutico Angel Calles Michelena
21. Medidas de masas	Balanza de mano	1414	393		6 pesas (onzas)	Joaquín Campos					14,0	11,5	3,9	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas	caja muy vieja, balanza muy buen estado	donación
21. Medidas de masas	Balanza de mano	4329	399		6 pesas MFH 971. Tiene sitio para 6 pesas (sólo hay 3) y para 2 pesas de placa (sólo hay 4)	Jose Menaya refinador de pesos de la ciudad de Valencia	Calle Cerrajeros, Valencia				19,5	12,8	4,9	metal, platillos cuelgan de tres cuerdas	oxidada, caja madera forrada buen estado	
21. Medidas de masas	Balanza de carga de laboratorio	1090	118			Federico Bonet S.A. Infantas 31, Madrid	Madrid			Federico Bonet S.A. Infantas 31, Madrid	48,7	38,5	17,9	soporte de madera, balanza metálica	necesita limpieza, superficies	Adquirido a Farmacia Tauler, C/San Marcos
21. Medidas de masas	Balanza (granatario)	1373	341					S XIX			57,0	34,4	18,0	caja madera, balanza metálica, indicador cerámico	bueno, caja madera necesita restauración, balanza oxidada	donación de la cátedra de Técnica Física, 23-2-59
21. Medidas de masas	Balanza (granatario)	2806	347					S XVIII			65,8	44,7	27,3	caja madera con dos cajones, el izquierdo restaurado y el derecho rajado	balanza oxidada, cajones izquierdo restaurado, derecho rajado	placa que dice que fue donada por la Junta Superior de Farmacéuticos de Madrid
21. Medidas de masas	Balanza doble	2907	346		tiene cuatro pesas			S XIX			84,0	49,5	28,4	metal	buena	Real Colegio de San Fernando, Madrid
21. Medidas de masas	Balanza (granatario)	sn	060								64,0	65,0	32,0	soporte madera, balanza metálica	bueno, faltan los dos platillos, necesita ajuste	Fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4014365
21. Medidas de masas	Balanza (granatario)	sn	421			Sartorius	Göttingen		1928		49,0	63,0	30,0	soporte de madera, balanza metálica	faltan platillos, requiere limpieza, uña indicadora doblada	Fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario UCM 4014368
21. Medidas de masas	Balanza (granatario)	sn	159		+7 izq, 0, +7 dcha. 1, 2, 3 kg	AMA					49,5	49,5	14,6	metal, base madera	muy bueno, tornillo izquierdo doblado	
21. Medidas de masas	Balanza de Roberval (granatario)	sn	161		19 kg	FZA					27,2	60,0	26,0	metal	excelente	













Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
21. Medidas de masas	Balanza de Roberval (granatario) de 2 Kg	4898	112-1			Federico Bonet S.A. Infantas 31, Madrid	Madrid				19,5	40,0	16,0	soporte de madera, balanza metálica	bueno, necesita limpieza	
21. Medidas de masas	Caja de pesas con 14 pesas	4095	112-2		sólo hay 10 pesas: 2 libras, 500, 200, 100, 100, ¿50? ¿? ¿? ¿?	Federico Bonet S.A. Infantas 31, Madrid	Madrid				10,0	24,0	7,8	caja de madera, pesas metálicas, necesita cuidados superficie pesas, algo oxidadas		probablemente esta caja de pesas pertenece a la balanza foto num. 118
21. Medidas de masas	Balanza de precisión	1092	342					S XIX			30,0	29,5	16,9	caja madera y vidrio, balanza metálica	bueno, caja madera dos cristales rotos, balanza un poco oxidada	
21. Medidas de masas	Balanza de precisión	1103	344					S XIX			44,7	52,5	27,3	caja madera y vidrio, balanza metálica	platillos bastante oxidados	tiene dos niveles de aciete
21. Medidas de masas	Balanza de precisión	1321	340					S XIX			31,9	31,0	21,0	caja de madera y vidrio, balanza de metal	bueno, platillos parcialmente oxidados, recipiente colgando platillo izquierdo	donación farmacéutico A. de las Heras
21. Medidas de masas	Balanza de precisión	2457	343					S XIX			44,1	41,8	24,2	caja madera y vidrio, balanza metálica	necesita muy poca restauración caja madera, balanza muy poco oxidada	
21. Medidas de masas	Balanza de precisión microquímica	4153	049			Sartorius Werke	Gottingen	1928			36,5	35,0	21,0	metal, carcasa madera y vidrio, lupa observar fiel	muy bueno	
21. Medidas de masas	Balanza de precisión de Gambey	7560	004								47,7	39,1	28,6	madera, cristal, interno metal	bueno, gira todo	
21. Medidas de masas	Balanza de precisión	3929	045			H. Künne y Cia. Lta. Vigo	Vigo				52,0	41,0	25,5	metal, carcasa madera y vidrio	muy bueno	
21. Medidas de masas	Balanza de precisión	3930	046			C.E.D.A.C. Central Española de Aplicaciones Científicas					40,5	30,0	23,0	metal, carcasa madera y vidrio	muy bueno	
21. Medidas de masas	Balanza de precisión	sn	047			C.E.D.A.C. Central Española de Aplicaciones Científicas					42,0	30,0	20,0	metal, carcasa madera y vidrio	muy bueno	
21. Medidas de masas	Balanza de precisión	sn	048		100 g, sensibilidad 1 mg	Les Etablissements Poulenc Frères Constructeurs Paris			0184		55,5	46,0	22,0	metal, carcasa madera y vidrio	muy bueno	













Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
21. Medidas de masas	Balanza de precisión	sn	160			Kaiser and Sievers, Institut Wiesserswgen	Hamburg		C2/1566		42,5	36,7	26,4	metal, carcasa madera, vidrio	muy bueno	
21. Medidas de masas	Balanza de precisión	sn	345			Deleui à Paris	Paris	S XIX			51,6	69,2	34,3	caja madera y vidrio, balanza metálica	balanza oxidada, caja madera necesita restauración	
21. Medidas de masas	Microbalanza	sn	037			Sartorius - Werke, modelo MDP4/20G	Göttingen, Germany				37,6	40,0	35,0	metal y vidrio	necesita limpieza	
21. Medidas de masas	Balanza de precisión de un platillo	sn	176		cuatro dígitos, cuatro escalas y nivel	Stanton modelo Unimatic					54,5	34,0	34,0	metal, visor vidrio	muy bueno y en uso	
21. Medidas de masas	Balanza de torsión de 500 mg	sn	002		200 a 500 mg ( $\pm 1$ mg)	Hartman & Braun AG	Francfort		762135		44,3	23,4	20,4	metal	se mueve, pero roza mucho. Necesita limpieza	Fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario UCM 4010391
21. Medidas de masas	Balanza dosificadora para papelillos	1140	352		10 barquillas dobles de plástico y balanza (platillo izquierdo hueco para poner pesa, derecho acciona bajo barquilla)						24,5	20,7	21,0	base madera, barquillas de plástico, balanza metal	base madera cajón rajado y abarquillado	Procede del Real Colegio de San Fernando, Madrid. donación del Sr. Rivas Goday
22. Determinación de densidades	Cinco alcoholómetros Gay-Lussac	3113	338		20 a 40; 0 a 20; 38 a 58; 60 a 80; 80 a 100	M. Salleron Du Jardin	Rue Pavée au Marais 24, París				29,2	2,8	2,8	vidrio, peso mercurio, papel escrita escala a plumilla	muy bueno	además hay un termómetro fabricado también por Salleron Du Jardin, de 0 a 40. donación cátedra Físico-Química
22. Determinación de densidades	Tres alcoholómetros más probeta	3114	079		marcan los tres: 0 a 35, 70 a 100, 35 a 70 grados alcohólicos	Salleron du Jardin	Rue Pavée au Marais 24, París				32,2	1,7	1,7			donación cátedra Físico-Química
22. Determinación de densidades	Hidrómetro	sn	238		9, 0, 9 (relativa)						15,8	3,3	3,3	metal, tres arandelas para meter en parte superior y que pese más	bueno, oxidado	
22. Determinación de densidades	Alcoholómetro	4112	239			Salleron du Jardin	París	1885			14,4	1,4	1,4	vidrio, ampolla con papel "alcoometre", mercurio oxidado		
22. Determinación de densidades	Dos alcoholómetros (derecho)	993?	326-1								20,4	4,2	4,2	soporte madera, interior metal	soporte madera bien, interior metal oxidado	perteneció a Universidad Central de Madrid, Facultad de Farmacia, departamento de Química Orgánica
22. Determinación de densidades	Dos alcoholómetros (izquierdo)	993?	326-2								19,2	3,7	3,7	soporte madera, interior metal	soporte madera bien, interior metal oxidado	perteneció a Universidad Central de Madrid, Facultad de Farmacia, departamento de Química Orgánica













Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
22. Determinación de densidades	Alcohómetros	sn	274		datos de la probeta						33,8	8,5	8,5	vidrio	muy bueno	Fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4014640
22. Determinación de densidades	Alcohómetros	sn	275-1		tres alcohómetros: 35 a 65						31,9	2,0	2,0	vidrio, parte inferior plomada con bolas de mercurio, sellada, papel escala	muy bueno	Fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4014640
22. Determinación de densidades	Alcohómetros	sn	275-2		tres alcohómetros: 0 a 35						30,9	2,0	2,0	vidrio, parte inferior plomada con bolas de mercurio, sellada, papel escala	muy bueno	Fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4014640
22. Determinación de densidades	Alcohómetros	sn	275-3		tres alcohómetros: 70 a 100						30,4	2,0	2,0	vidrio, parte inferior plomada con bolas de mercurio, sellada, papel escala	muy bueno	Fue inventariado en 1984, recibiendo el número de inventario 4014640
22. Determinación de densidades	Alcohómetro centesimal de Gay-Lussac	sn	192		10 a 44 grados Cartier						30,2	1,5	1,5	vidrio, papel interno con medidas marcadas por plumilla. Mercurio como peso, oxidado, sellado	muy bueno	
22. Determinación de densidades	Areógrafo de Nicholson	988	116							medidas solo de areógrafo, sin caja	28,0	4,3	4,3	plata, caja en cuero y raso.		Procede de la Cátedra de Técnica Física
22. Determinación de densidades	Recipiente para estudios de densidad de cuerpos sólidos (areómetro)	994	336								20,7	3,9	3,9	vidrio	necesita limpieza, borde boca un poco rotos	Procede del Lab de Técnica Física
22. Determinación de densidades	Areómetro de Baumé y Cartier	sn	191		70 a 0	Ardi					23,8	2,0	2,0	vidrio, papel interno con medidas marcadas por plumilla. Mercurio como peso, oxidado, sellado	muy bueno	
22. Determinación de densidades	Balanza hidrostática	76	348					S XVIII			74,5	45,1	18,4	metal	muy oxidada	
22. Determinación de densidades	Balanza hidrostática	sn	158		escala basta con 3 rayas, sólo para nivelar						73,0	69,0	26,0	metal	bueno, necesita nivelar y limpiar polvo	
22. Determinación de densidades	Balanza de Wesphal	3804	090								29,5	21,2	9,1			
22. Determinación de densidades	Balanza de Wesphal	3805	413			C.E.D.A.C.		1828			29,5	21,2	9,1	metálico	muy bueno	

Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana


Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
22. Determinación de densidades	Balanza de Wesphal	sn	227		sistema Reimann con 5 gramos de desplazamiento. Escala: 1, 1,5, 2	Celsius	made in Spain				29,2	20,9	6,4	metal, vidrio, mercurio	excelente	
22. Determinación de densidades	Accesorio de balanza hidrostática	sn	249								14,9	6,5	6,5	vidrio	necesita limpieza	
22. Determinación de densidades	Balanza de Wesphal	sn	272													
22. Determinación de densidades	Balanza de Wesphal (detalle)	sn	273													
22. Determinación de densidades	Recipiente para estudios de densidad de cuerpos sólidos	995	332								18,0	3,5	3,5	vidrio	necesita limpieza	Procede del Lab de Técnica Física
22. Determinación de densidades	Areómetro o densímetro de Paquet	996	335								20,0	3,2	3,2	vidrio, contiene mercurio	bueno, mercurio está sucio y oxidado	
22. Determinación de densidades	Cinco densímetros	3112	225-1			Mes Salleron du Du Jardin, sucesores	París			medidas de la caja:	4,0	27,5	11,0	vidrio, papel interno con medidas marcadas por plumilla. Mercurio como peso, oxidado. Uno está roto		
22. Determinación de densidades	Cinco densímetros	3112	225-2		900 a 800; 1000 a 900; 800 a 700; 700 a 600; 1000 a 650	Mes Salleron du Du Jardin, sucesores	París			medidas de cada densímetro:	26,3	1,5	1,5	vidrio, papel interno con medidas marcadas por plumilla. Mercurio como peso, oxidado. Uno está roto	bueno, uno está roto	
22. Determinación de densidades	Densímetro con caja	3829	380		900 a 700	Appareils Granet	Paris				14,9	1,7	1,7	vidrio y carcasa metal	ligeramente oxidado, mercurio sucio y oxidado	
22. Determinación de densidades	Picnómetro de líquidos	sn	259													
23. Medidas de temperatura	Calorímetro de Berthelot	4163	038			M. Alvarez, material científico, Mayor 76, Madrid	Madrid				43,0	32,0	32,0	metal, tapadera madera	necesita limpieza	
23. Medidas de temperatura	Matraces complementarios de un termóforo o termógrafo	sn	088													

Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana













Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
23. Medidas de temperatura	Termógrafo de Richard	sn	153			SIAP	Bologna		3081		23,0	37,0	12,5	metal, papel	muy bueno	
23. Medidas de temperatura	Termógrafo de Richard	sn	215		30 a 40°C						19,0	32,0	12,8	metal, metacrilato, papel registrador	muy bueno	
23. Medidas de temperatura	Psicrómetro	3414	005		0 a 100°C						27,0	18,4	10,0	madera, cristal, mercurio, soportes metálicos	bueno, necesita ser rellenado de mercurio	donación Dr. Folch
23. Medidas de temperatura	Termómetro de Réaumur	sn	078			W.F. Rohrpeck	Berlín	1848	267		44,8	2,0	2,0	vidrio		perteneció a Q Orgánica
23. Medidas de temperatura	Ocho termómetros de referencia	sn	221		En °C: 19 a 21; 150 a 124; 100 a 126; 72 a 100; 50 a 75; 36 a 50; 0 a 26; -24 a 0	Haake	Gebruder				18,0	22,0	17,0	caja madera y terciopelo, termómetros metal, carcasa vidrio, mercurio	muy bueno	Altura caja abierta: 18,0, cerrada: 3,2. Medidas de cada termómetro: 18, 5 alto - 1,3 diámetro
23. Medidas de temperatura	Termómetro de comparación de Beckman	3817	163													
23. Medidas de temperatura	Termómetro de comparación de Beckman	sn	267								56,0	1,7	1,7	vidrio, mercurio, asa colgar metal	roto	Perteneció al laboratorio de Técnica Física
23. Medidas de temperatura	Detalle de anterior	sn	268													
23. Medidas de temperatura	Termómetro de comparación de Beckman	sn	269								55,0	1,4	1,4			usado recientemente
23. Medidas de temperatura	Detalle de anterior	sn	270													
23. Medidas de temperatura	Juego de ocho termómetros tipo Baudin para calorimetría	sn	276		0 - 42°C, 0 - 50°C				11966, 11965	dos pequeños de medida	34,7	0,3	0,3			
23. Medidas de temperatura	Juego de ocho termómetros tipo Baudin para calorimetría	sn	276bis		0 - 33 los seis				9543	seis grandes de medida	50,0	0,7	0,7			















Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
23. Medidas de temperatura	Refrigerante de vidrio	sn	178								19,6	12,6	7,0	vidrio	muy bien, necesita limpieza	
23. Medidas de temperatura	Refrigerante cerámico	sn	179				Germany				16,9	13,5	8,0	cerámico	muy bien, necesita limpieza	
24. Medidas de presión, tensión de vapor y grado higrométrico	Higrómetro de Daniell	989	339								20,3	13,5	8,8	metal, vidrio	bueno, oxidado, necesita limpieza líquidos internos	Procede del Lab de Técnica Física
24. Medidas de presión, tensión de vapor y grado higrométrico	Higrómetro de Regnault	3072	337								35,0	10,1	8,5	metal, vidrio, recubiertos por debajo con látex	bastante usado, tapones corcho sin flexibilidad	originalmente estaba en una caja de madera, con un termómetro. Procedía de la cátedra de Técnica-Física
24. Medidas de presión, tensión de vapor y grado higrométrico	Higrómetro de evaporación	3913	382		5, 0, 5 (relativa)						16,5	4,9	1,5	metal, vidrio, madera con escala anotada con plumilla	bueno, algo oxidado	
24. Medidas de presión, tensión de vapor y grado higrométrico	Higrómetro químico	sn	015								47,5	29,2	29,2	metal	oxidado, requiere limpieza	
24. Medidas de presión, tensión de vapor y grado higrométrico	Higrómetro de punto de rocío	sn	331								17,9	8,9	7,0	base madera, acero	muy bueno, madera algo ajada	
24. Medidas de presión, tensión de vapor y grado higrométrico	Manómetro	3530	381			Gebr. Körting	Hannover				13,7	11,3	2,6	metal, vidrio	necesita limpieza, bueno	
24. Medidas de presión, tensión de vapor y grado higrométrico	Manómetro	3928	024		kg.p.qcm. 0 a 110, con una marca en 30	Manuel Alvarez, material científico	C/Mayor 76, Madrid		1511084		21,0	9,8	9,8	metal, vidrio visor	bueno, golpe que causa que esté torcido	
25. Medidas de tensión superficial y viscosidades	Tensiómetro de Nouy	4069	084			Cemco du Nouy tensiometer, precisión direct reading model scentral científic Co.	Chicago, USA			Dr. Torrecilla, farmacia y droguería, material científico. C/ Barquillo, 37. Madrid	24,0	24,0	20,0	metal	muy bueno, caja con accesorios	
25. Medidas de tensión superficial y viscosidades	Picnómetro de sólidos	sn	260													
25. Medidas de tensión superficial y viscosidades	Frasco para medir viscosidad	sn	164		aforado a 200 ml						22,7	6,9	6,9	vidrio	muy bueno	













Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
25. Medidas de tensión superficial y viscosidades	Frasco colector para un viscosímetro Engler	sn	184		50 cc, aforado						14,6	3,2	3,2	vidrio	bueno, necesita limpieza	
25. Medidas de tensión superficial y viscosidades	Viscosímetro	sn	210			chapa borrada y rayada					36,8	16,0	13,2	metal, peana de madera, objetivo de vidrio	oxidado, necesita limpieza	
25. Medidas de tensión superficial y viscosidades	Viscosímetro de Oswald modificado	sn	212			Proton					23,5	7,0	3,3	vidrio	muy bueno	
25. Medidas de tensión superficial y viscosidades	Viscosímetro para sangre Hellige	sn	226		Dr. E. Hellige			1935		establecimientos Jodra, Casa central C/Príncipe, 5, Madrid, telef. 10057	26,2	5,6	4,0	soporte madera, vidrio, metal, con dos tubos de vidrio para gota a gota y medir con cronómetro	excelente	vendido a Análisis Químico el 31-10-1935, a 175 pts
25. Medidas de tensión superficial y viscosidades	Reómetro	sn	040			Talleres Numax S.A. Tipo 125 V 1400 rpm, 1,2A			145976		55,0	29,0	38,0	metal		
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Soporte	3932	408								129,0	28,0	31,0	madera, metal, vidrio		
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Soporte de madera para disoluciones	sn	100								7,3	35,0	24,0	madera, tornillos metálicos oxidados	razonablemente bueno, tornillos oxidados	
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Prisma de aceite	sn	173								27,1	8,2	5,8	metal, vidrio, tiene aceite	bueno, necesita limpieza	
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Recipiente	sn	405								116,0	41,0	41,0	metal	vueno, muy poco oxidado	
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Crisoles cerámicos de Gooch (izquierda)	sn	188-1								2,5	2,3	2,3	cerámico	usados, necesita limpieza	
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Crisoles cerámicos de Gooch (derecha)	sn	188-2								3,0	2,2	2,2	cerámico	usados, necesita limpieza	
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Estativo	5413	131					del primer tercio del siglo XX			17,5	6,0	6,0	baquelita, base con arandela de goma	perfecta	donación Sr. Lizcano, Farmacia calle Michelena en San Sebastián













Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Dos estativos con soporte para 6 tubos	sn	057			Pacisa	Madrid				35,0	26,0	10,5	metal	oxidado, necesita limpieza y pintura	
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Erlenmeyer con tapón esmeril canulado para contar gotas	3417	130								13,4	4,7	4,7	vidrio	muy bueno, podría estar en uso	grabado en el fondo "50"
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Erlenmeyer (izquierda)	sn	250-1								4,7	3,6	2,5			
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Erlenmeyer (derecha)	sn	250-2								4,2	6,9	2,0			
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Erlenmeyer	sn	248								13,4	7,4	8,5	vidrio	muy bueno	
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Tubo para líquidos fluorescentes	sn	168								8,2	19,3	4,3	base madera, vidrio, soportes metálicos	tubo roto, falta electrodo izquierdo	
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Embudo de vidrio ámbar, filtrante	sn	180			Schott v. Gerr Jena	Jena		3FB3/5-7		15,2	3,2	3,2	vidrio, sílice	muy bueno	
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Embudo y embudo filtrante (izquierda)	sn	181-1			Schott v. Gerr Jena	Jena		59GHp		9,8	5,4	5,4	vidrio, sílice	muy bueno	
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Embudo y embudo (derecha)	sn	181-2								7,4	3,9	3,9	vidrio, sílice	muy bueno	
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Vaso recto	sn	185								14,6	7,9	7,9	vidrio	bueno, necesita limpieza	
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Vasos (izquierda)	sn	187-1								3,3	2,8	2,6	vidrio	bueno	
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Vasos (derecha)	sn	187-2								1,5	1,4	1,4			













Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Navecilla	sn	194			Bavaria					10,0	1,0	1,0	cerámico	muy bueno	
26. Instrumentos y accesorios de uso general en el laboratorio	Tubo de ensayo para aplicaciones especiales	sn	334								19,5	1,1	1,1			
27. Instrumentos para operaciones de purificación de sustancias	Aparato para ocluir tubos de pomadas	3392	145								31,0	30,5	9,7	metal	bueno, oxidado	Procede de Cátedra de Galénica
27. Instrumentos para operaciones de purificación de sustancias	Aparato para hacer sellos en seco	1215	360		punzón accionamiento manual	Freire					28,5	19,7	8,0	metal, asa de madera	muy usado, oxidado, aún se puede accionar	donación del Dr. Gutierrez Colomer
27. Instrumentos para operaciones de purificación de sustancias	Taladratapones de Hegershoff	2972	014								30,0	16,8	16,8	metal	bueno, gira, requiere limpieza y engrase	Procede Facultad de Farmacia
27. Instrumentos para operaciones de purificación de sustancias	Prensacorchos (ablandacorchos)	2989	147bis								23,0	26,0	4,5	metal, repintado varias veces	bueno, gira bien	donación de Farmacia Fuentes (Palencia)
27. Instrumentos para operaciones de purificación de sustancias	Prensa tapones estilo rueda (ablandatapones)	3409	147								25,0	30,7	7,9	hierro fundido	perfecta, gira bien	Procede de los antiguos laboratorios de la Facultad de Farmacia
27. Instrumentos para operaciones de purificación de sustancias	Prensatapones con forma de lagarto	3410	146								11,5	27,5	10,8	metal	parcialmente oxidado, necesita limpieza y repintado	Procede del Hospital Clínico de Madrid
27. Instrumentos para operaciones de purificación de sustancias	Prensacorchos	4268	113								21,4	23,0	13,3	metal	gozne roto, superficie oxidada	donación Farmacia Alcañices
27. Instrumentos para operaciones de purificación de sustancias	Rielera para barritas de NO3Ag	3424	134								25,0	9,6	20,0	metal, agarradera cerámica	oxidado, imposible cerrarlo o accionarlo	donación cátedra Farmacia Galénica
27. Instrumentos para operaciones de purificación de sustancias	Molino	2621	109			Peugeot Frères Drevetes S.G.D.G.			modelo Stella		34,2	31,7	28,0	metal, pomo rueda de madera	muy oxidada	
27. Instrumentos para operaciones de purificación de sustancias	Prensa	1548	416								36,0	20,5	13,0	metal	muy oxidado aunque aún gira, requiere limpieza y pintura	


Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
27. Instrumentos para operaciones de purificación de sustancias	Prensa	3919	404								88,0	28,6	28,6		bueno, oxidado, gira. Unido a banqueta	perteneció o Q. Orgánica
28. Instrumentos de farmacia operatoria, líquidos	Dispensador gota a gota	3423	140								13,2	4,0	2,9	vidrio, tapón e hisopo de baquelita	bueno	donación Dr. Folch
28. Instrumentos de farmacia operatoria, líquidos	Sifón de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica	3034	144bis			Systeme de D. Feure					37,5	12,0	12,0	crystal, rejilla exterior metálica, accionador superior metálico	bueno, rejilla algo oxidada	donación de Farmacia Fuentes (Palencia)
28. Instrumentos de farmacia operatoria, líquidos	Sifón de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica	3036	144			Veritable Seltzogene D. Feube, Paris					37,5	12,0	12,0	crystal, rejilla exterior metálica, accionador superior metálico	bueno, rejilla algo oxidada	regalo de Farmacia de Herminio Hernández (El Tiemblo, Avila)
28. Instrumentos de farmacia operatoria, líquidos	Sifón de cristal enrejillado para la obtención de agua carbónica	sn	003								33,5	12,5	10,0	crystal, metal	accionador roto y despegado	
29. Instrumentos de farmacia operatoria, gases	Aparato de inhalaciones de Dampf	7561	111			Lempe					22,1	24,1	9,1	metal, cristal, madera	necesita limpieza	
29. Instrumentos de farmacia operatoria, gases	Recipiente para purificar gases	sn	114			Del Amo (Pyrex)					20,8	13,5	6,9	vidio Pyrex, metal	necesita limpieza, reemplazar gomas, hay un tubo caído	
29. Instrumentos de farmacia operatoria, gases	Fascos para gases (derecha)	sn	167-1								18,5	3,9	3,9	vidrio	muy buen estado	
29. Instrumentos de farmacia operatoria, gases	Fascos para gases (izquierda)	sn	167-2								18,0	5,9	5,9	vidrio	muy buen estado	
29. Instrumentos de farmacia operatoria, gases	Tubo de difusión de gases en líquidos	sn	195								9,9	6,9	0,8	vidrio	muy bueno	
29. Instrumentos de farmacia operatoria, gases	Aparato de Kipp	3880	417								44,4	15,5	12,5	vidrio	requiere limpieza, desjuntar junta superior, faltan grifos	
29. Instrumentos de farmacia operatoria, gases	Aparato de Kipp	3881	418								49,0	18,0	14,0	vidrio	requiere limpieza, faltan grifos	








Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
29. Instrumentos de farmacia operatoria, gases	Aparato de Kipp	sn	419								42,5	21,5	15,0	vidrio	requiere limpieza, faltan grifos	
30. Instrumental fotográfico	Cámara fotográfica	3531	091			Photos				M quintas y Cia, Madrid. C/Cruz, 43 y 45	9,0	31,0	23,1	madera, arandelas metálicas, visor cristal		
30. Instrumental fotográfico	Cámara fotográfica para radiografías	3795	095			Villasanta Óptico	Madrid		6_879		27,0	49,8	27,3	madera, fuelle de cartón, algunos componentes metálicos	bueno, no se mueve	
30. Instrumental fotográfico	Cámara fotográfica	sn	094			Villasanta Óptico	Madrid				11,5	26,0	21,0	madera, arandelas metálicas, visor cristal		
30. Instrumental fotográfico	Cámara fotográfica	sn	186			Carl Zeiss	Jena		3310		11,0	10,2	6,5	madera		
30. Instrumental fotográfico	Apertómetro de Abbe manual con ocular para fotografía, en su estuche	3573	371-1		Tubo para mirar con objetivo	Carl Zeiss	Jena				4,5	2,1	2,1	metal	excelente	
30. Instrumental fotográfico	Apertómetro de Abbe manual con ocular para fotografía, en su estuche	3573	371-2		Dos piezas gemelas espaciadores	Carl Zeiss	Jena				1,5	1,1	1,0	metal	excelente	
30. Instrumental fotográfico	Apertómetro de Abbe manual con ocular para fotografía, en su estuche	3573	371-3		Pieza central de cristal	Carl Zeiss	Jena				4,4	8,7	1,1	vidrio o cuarzo, con tornillo en medio	excelente	
30. Instrumental fotográfico	Fotómetro manual para fotografía	sn	228		1/8 a 1/500; escala échelle 30 a 1/500 segundos	Ombrux f. Leica orig Gossen. Ombrux höchstempfindlicher elektrischer Belichtungsmess				haun & sohn g.m.b.h. Reichenbach I.V.	3,5	6,6	7,0	vidrio, metal, cuero funda, papel tabla adjunta	muy bueno, pero no mide	
30. Instrumental fotográfico	Máquina de revelar "codascope"	4171	041		small, fast 125 V 1100 W	Eastman Kodak Co, Kodaskope model K75	Rochester NY				32,6	15,5	23,5	metal, visor vidrio	bueno	
30. Instrumental fotográfico	Secador de película fotográfica de 35 mm, modelo 22	4175	020		accionamineto ventilador y calentador, 125 V	Kodak Limited	London				24,5	28,0	28,0	metal, carousel metacrilato	bueno, golpeado abollado parte superior, requiere limpieza	
30. Instrumental fotográfico	Aparato para visualizar microfilms	sn	039			Topaz 1:3,5f=50 tipe C, Boyer	París				36,5	33,0	45,0	metal, visor vidrio	bueno	

Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
30. Instrumental fotográfico	Prisma y soporte para cámara oscura	sn	294		lente articulada						0,7	3,9	7,1	metal, vidrio	muy poco oxidado	
30. Instrumental fotográfico	Accesorios de cámara fotográfica ajustables a un verascopio	3563	376		tiene dos objetivos: de 4,7 y 6,2	Carl Zeiss	Jena		3310		19,8	16,0	6,4	metal y vidrio, con placas de miniradiografía	perfecto	
31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia	Placa de pórfido y plancha (moleta) para pomadas oculares	1078	354-1		cepillo						8,7	15,6	9,5	mármol	está bastante usada	donación
31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia	Placa de pórfido y plancha (moleta) para pomadas oculares	1078	354-2		base						3,0	26,2	21,4	mármol y madera	está bastante usada	donación
31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia	Pildorero, peine y magdaleón	1487	143-1		base						5,0	34,7	21,7	madera, mármol, metal	marmol rajado, necesita limpieza	
31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia	Pildorero, peine y magdaleón	1487	143-2		peine						3,2	31,0	4,1	madera, metal	falta un asa del mango, que está roto; madera zonas comidas, necesita restauración	
31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia	Pildorero	1551	137								4,8	30,5	4,5	madera, latón	bueno, necesita limpieza, está lámina latón algo doblada	
31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia	Pildorero y magdaleón	3028	370		tiene dos cajones, uno para recoger los magdaleones y otro para las píldoras						4,0	36,0	20,0	madera, metal, vidrio	bueno	donación Farmacia Fuentes (Palencia)
31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia	Pildorero, peine y magdaleón	3390	148-1		base madera						4,8	36,8	24,0	madera, mármol, metal		Procede de Cátedra de Galénica
31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia	Pildorero, peine y magdaleón	3390	148-2		peine						3,9	49,5	5,4	madera, metal	bueno, necesita limpieza	Procede de Cátedra de Galénica
31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia	Pildorero, peine y magdaleón	3397	359-1		base madera			S. XIX			5,1	21,1	36,2	madera, mármol, metal	rajada madera longitudinalmente	Procede de Cátedra de Galénica
31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia	Pildorero, peine y magdaleón	3397	359-2		peine			S. XIX			3,5	41,9	5,8	madera, metal	muy usado, madera necesita restauración	Procede de Cátedra de Galénica

Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana













Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia	Planchas para alisar cremas o para rodar magaleones	3023	353-1		pequeña, derecha foto						4,7	12,2	8,8	madera	usada, bastante buen estado	donación Farmacia Fuentes (Palencia)
31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia	Planchas para alisar cremas o para rodar magaleones	3404	353-2		grande, centro foto						5,5	19,6	10,8	madera	necesita restauración la madera, muy usada	Procede de Cátedra de Galénica
31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia	Planchas para alisar cremas o para rodar magaleones	3405	353-3		cuadrangular, izquierda foto						2,8	10,2	7,6	madera	necesita restauración la madera, muy usada, asa rajada, tiene holgura	Procede de Cátedra de Galénica
31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia	Grageadora para dorar o platear píldoras	106	356								28,3	21,5	12,9	metal de latón	algo oxidado, necesita ajuste elemento giro	donación viuda de Toledano, Farmacia c/Villanueva (Madrid)
31. Farmacia operatoria, instrumentos de uso particular en farmacia	Copa grageadora	173	358								11,6	8,1	8,1	latón	bueno, componente interior (copa) rajado	donación Dr. Gutiérrez Colomer
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Dispositivo para preparar cápsulas	141	366		30 agujeros de 2 cm de diámetro	Sevcik's Oblatenverschluss sapparat					1,5	27,7	13,0	madera, bisagras posteriores (dos) metálicos	muy bueno	donación Dr. Gutiérrez Colomer
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Dispositivo para preparar cápsulas	148	368		10 agujeros de 2,6 cm de diámetro	Sevcik's Oblatenverschluss sapparat					2,2	20,0	8,5	metal - latón blanco	bueno	donación Dr. Gutiérrez Colomer
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Dispositivo para llenar cápsulas amiláceas	1488	362		12 agujeros de 0.8 cm de diámetro						4,2	11,6	5,0	metal	parcialmente oxidado	donación del Dr. Gutierrez Colomer
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Dispositivo para preparar cápsulas	2940	365		10 agujeros de 2 cm de diámetro						1,9	17,0	8,5	metal (aluminio)	bueno, necesita limpieza	
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Dispositivo para preparar cápsulas	2942	363		4 bandejas desmontables más base, que es la quinta	12 agujero de diámetro de 2 cm					3,0	14,5	9,5	metal	necesita limpieza	
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	5 Dosificadores de cápsulas - molde metálico para llenar y cerrar cápsulas	3004	128-1								4,2	15,0	6,4	metal	muy bueno	donación Farmacia Fuentes (Palencia)
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Cinco dosificadores de cápsulas	140	128-2			Sevcik's Oblatenverschluss sapparat					1,5	17,1	8,3	metal	muy bueno	donación Dr. Gutiérrez Colomer















Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Cinco dosificadores de cápsulas	3003	128-3			Sevcik's Oblatenverschluss sapparat					3,5	19,7	9,5	metal	muy bueno	donación Farmacia Fuentes (Palencia)
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Cinco dosificadores de cápsulas	3082	128-4			Sevcik's Oblatenverschluss sapparat					1,2	13,6	7,8	metal	muy bueno	donación Farmacia Fuentes (Palencia)
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Cinco dosificadores de cápsulas	3399	128-5								2,0	19,9	13,5	metal	muy bueno	Procede de Cátedra de Galénica
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Dispositivo para llenar cápsulas	3022	364		12 agujeros de 2.3 cm de diámetro	Trockenuerschlu ss Apparat "Primus", Johann Schmidt	Nürnberg				3,0	21,1	9,0	aluminio	bueno, necesita limpieza	donación Farmacia Fuentes (Palencia)
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Dispositivo para preparar pastillas de goma	3400	369		12 agujeros de 2 cm en la derecha, en izquierda 12 de 1,2 cm, intercalados con otros 12 de 1 cm	Expeditif Dodeka - Digne simplifié					3,7	20,9	11,1	pieza central baquelita, satélites metálicos		
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Dispositivo para preparar cápsulas	sn	367		10 agujeros de 2,8 cm de diámetro						0,8	20,4	8,7			
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Pildorero para preparar píldoras industrialmente (2 soportes y 6 peines sueltos)	3398	136								10,4	14,4	10,8	metal	parcialmente oxidado	Procede de Cátedra de Galénica
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Aparato Limousin - caja para preparar cápsulas medicamentosas	2948	080			Médille de Mérité	Viena	1873		Procede Limousin. Bte. S.D.G.8, París	24,5	7,6	16,2	metálico	poco oxidado, repintado, necesita limpieza	donación Farmacia Fuentes (Palencia)
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Dos moldes para hacer seis supositorios	3394	135-1								5,1	13,6	5,1	metal	limpieza, algo oxidado	Procede de Cátedra de Galénica
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Dos moldes para hacer seis supositorios	3395	135-2								4,7	20,4	5,0	metal	limpieza, algo oxidado	Procede de Cátedra de Galénica
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Dosificadora (aparato para hacer tabletas o supositorios)	1030	361								5,1	20,0	17,7	metal (latón)	excelente	Real Junta de Farmacia con destino al Real Colegio de San Fernando
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Recipiente para dispensar fármacos en pequeñas cantidades	3832	375		se acompaña de cucharita						3,9	10,8	3,3	vidrio y metal	perfecto	donación del farmacéutico de Corotejada d. Claudio Gómez de la Calle




Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Recipiente para rodar píldoras	2827	357								3,2	19,2	7,9	latón, asa de madera	excelente	
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Recipiente de reactivos con doble tapadera	1068	141			A.G.					20,0	14,5	14,5	metal (estaño o zinc)	muy bueno	
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Recipiente de reactivos para agua destilada esterilizada	1524	139								36,5	36,0	19,0	metal	parcialmente oxidado	estuvo en Farmacia Americana, Carrera de San Jerónimo, 1, Madrid
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Recipiente de reactivos para agua destilada esterilizada	1525	138								26,0	15,0	15,0	metal	bueno, podría estar en uso	estuvo en Farmacia Americana, Carrera de San Jerónimo, 1, Madrid
32. Farmacia operatoria, vasos conservatorios	Vaso hermético para medicamentos	3415	129								8,0	3,4	3,4	vidrio, argolla cierre metal, tapa cerámica, arandela goma	bueno, goma pasada muy rígida	donación Sr. Lizcano, Farmacia calle Michelena en San Sebastián
33. Farmacia operatoria, instrumentos de hidráulica	inyector mecánico para disificador de polvos	2947	151								6,9	14,1	7,8	metal	muy bueno	Farmacia Fuentes (Palencia)
33. Farmacia operatoria, instrumentos de hidráulica	inyector de pistón móvil	2957	150			deposé R.G.					9,2	6,0	4,5	metal	muy bueno	Farmacia Fuentes (Palencia)
33. Farmacia operatoria, instrumentos de hidráulica	Adaptador para inyector de pistón móvil	sn	152								7,6	2,2	2,2	metal	muy bueno	
33. Farmacia operatoria, instrumentos de hidráulica	Cuatro clísteres para enemas	2895	133-1								30,0	4,4	4,4	metal (parece estaño o zinc), émbolo de madera	embolo de madera roto parcialmente, resto bien, muy poco oxidado, no aspita y dispone bien	
33. Farmacia operatoria, instrumentos de hidráulica	Cuatro clísteres para enemas	2884	133-2								32,8	4,6	4,6	metal (parece estaño o zinc), émbolo de madera	bueno, algo más oxidado	donación Doctora Esther Alegre
33. Farmacia operatoria, instrumentos de hidráulica	Cuatro clísteres para enemas	2790	133-3								36,5	5,5	5,5	metal (parece estaño o zinc), émbolo de madera	el de peor estado, golpeado	adquirido Sr. Ojeda por 400 pts
33. Farmacia operatoria, instrumentos de hidráulica	Cuatro clísteres para enemas	2894	133-4								24,7	4,6	4,6	metal (parece estaño o zinc), émbolo de madera	roto pitorro final	

Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
33. Farmacia operatoria, instrumentos de hidráulica	Aparato para dosificar contenido líquidos en cápsulas	3007	149								1,8	12,2	1,7	metal, mango de madera, donde se atornilla la cucharilla	muy bueno, muy poco oxidado	
33. Farmacia operatoria, instrumentos de hidráulica	Dispositivo para transportar líquidos biológicos (sangre) según Dr. Anna Pölzl	3011	127			C. Reichert	Viena		5517F		5,1	15,4	0,8	3 partes: transportador de Pölzl (metálico, con dos vasijas de vidrio), lanceta según Laker (metal) y mezclador según Thoma (metal y tubo de goma)	bueno, tubo de goma para llevar desde la lanceta al transportador	para llevar sangre del enfermo a la oficina del médico o al laboratorio
34. Otros instrumentos diversos	Llave reguladora de dos vías para fluidos	sn	008		Patente num. 102837	Engler Maschinenfabriks Ges m.b.H.	Wien, X	291			12,5	29,5	16,5	metal	bueno, gira, oxidado, necesita limpieza	
34. Otros instrumentos diversos	Llave reguladora de dos vías para fluidos	sn	009			Engler Maschinenfabriks Ges m.b.H.	Wien, X				14,0	28,0	18,0	metal	bueno, gira mejor, oxidado, necesita limpieza	
34. Otros instrumentos diversos	Cono de verascopeo	3802	074			Leicafilm Vh					27,0	16,9	16,9	metal, visor vidrio	parcialmente oxidado	
34. Otros instrumentos diversos	Ureómetro de Erhach	1100	377			Brewer Frères					38,0		1,5	vidrio, caja de madera		donación Dr. Casares López
34. Otros instrumentos diversos	Ureómetro	3029	377			Darsmull Constructeur, Rue Gay-Lussac, Paris					38,0		1,5	vidrio, caja de madera		donación Farmacia Fuentes (Palencia)
34. Otros instrumentos diversos	Regulador de gas	1012	402								28,5	13,5	13,5	metal	oxidado, tubo cortado o roto	
34. Otros instrumentos diversos	Máquina para marcar números y caracteres taladrados	2958	061		1 a 0, \$, *	the S. & P.					14,5	11,0	14,0	metálico	oxidado parcialmente, necesita limpieza, no hace bien el juego	Farmacia Fuentes (Palencia)
34. Otros instrumentos diversos	Compresor atmosférico	3922	013			Sauerstoff-Centrale	Berlín		10844	Industrias Sanitarias Antigua Casa Hartmann, Barcelona, Madrid, Sevilla	28,0	23,7	17,2			
34. Otros instrumentos diversos	Estuche de campo de edafólogo para análisis de minerales	1343	322			August Lingke & Co	Frieberg		s. XIX		17,0	29,9	22,4	maletín madera	bueno, madera algo ajada	donación del Lab. De Análisis, 1958
34. Otros instrumentos diversos	Dos maletines de edafología complementarios	1343	323							medidas de cada uno:	3,5	27,0	14,3	maletín madera	muy bueno	donación del Lab. De Análisis, 1958

Apéndice: Cuadro resumen de la colección histórica de instrumentos científicos del Museo de la Farmacia Hispana

Capítulo	Identificación	MFH	Foto	Foto	Escalas	Fabricante	Ciudad	Año	nº serie	Distrib por	Alto	Anc	Fdo	Materiales	Estado	Observaciones
34. Otros instrumentos diversos	Aparato para observar precipitación Zeichen Kular	sn	198			Ernst Leitz	Wetzlar				6,0	3,4	3,5	metal, vidrio	muy bueno	
34. Otros instrumentos diversos	Aparato de dibujo de Abbe	sn	240			Carl Zeiss	Jena		3558		3,6	16,5	7,3	metal, vidrio	bueno, espejo algo oxidado	
34. Otros instrumentos diversos	Esferas de Lieja	sn	154								19,5	12,7	12,7	metal	excelente	